

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Nová rozvodna odprášení 6 kV
New Substation 6 kV for Flue Gas Cleanup

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Kvapil**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika
Téma: Nová rozvodna odprášení 6 kV.
New Substation 6kV for Flue Gas Cleanup

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor průmyslových rozvodů
2. Popis současného stavu rozvodny
3. Návrh nové rozvodny
4. Návrh úprav sítě
5. Kontrola zkratových poměrů
6. Technicko-ekonomické zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Santarius, P.: Elektrické stanice a vedení, Skripta VŠB-TU Ostrava, 1990
2. Hodinka, M.: Přenos a rozvod elektrické energie, SNTL, 1989
3. Trojánek, Z.: Přechodné jevy v elektrizačních soustavách, SNTL 1987
4. Dohnálek, P.: Ochrany pro průmysl a energetiku, SNTL, 1991
5. Normy, firemní literatura, předpisy a směrnice OKD

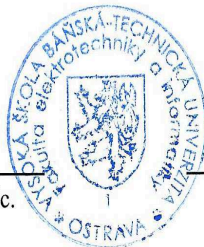
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. Jiří Gurecký**

Datum zadání: 30.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, provozní předpisy) uvedené v přiloženém seznamu.

V Olomouci. 4. 5. 2012 .

Bc. Kvapil Petr.....



Zároveň bych na tomto místě chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Dr. Ing. Jiřímu Gureckému a panu Ing. Antonínu Rýparovi za cenné rady a připomínky k mé práci a poskytnutou literaturu. Dále svým rodičům za podporu během celé doby mého studia.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem nové koncepce rozvodny R5.2. Hlavním cílem práce je ověření zkratových poměrů v novém rozvodu při změně napájení, návrh nového zařízení jak přívodního vedení, tak i koncových částí rozvodny. Práce se zaměřuje také na oslovení společnosti pro cenovou kalkulaci plánovaných změn v rozvodech a nových technologií. Diplomová práce by měla sloužit společnosti Dalkia pro budoucí rekonstrukci jako podklad a jeden z návrhů řešení.

Klíčová slova

Napětí, zkrat, nárazový zkratový proud, cena, rozvodna, rozvaděč, generátor, vypínač, odpojovač, kabel, transformátor, 6 kV, 22 kV, výpočet, parametr, koncepce uspořádání, vn, nn, průmyslový závod,

Abstract

This thesis deals with new concepts R5.2 substation. The main objective is the verification of short-circuit conditions in the new distribution of power to change, design of new equipment to connection line, and end parts of the substation. The work also focuses on addressing the pricing of planned changes in the distribution and new technologies. The thesis should serve to Dalkia for future reconstruction as a base and one of the proposed solutions.

Keywords

Voltage, short-circuit, gusty short-circuit current, price, substation, distributor, generator, circuit breaker, isolator, cable, transformer, 6 kV, 22 kV, calculation, parameter, arrangement concept, HV, LV, industrial factory

Obsah

Úvod	1
1. Teoretický rozbor průmyslových rozvodů	2
1.1 Rozvod elektrické energie v průmyslovém závodě a distribuci	2
1.1.1 Požadavky na průmyslový rozvod.....	3
1.1.2 Průmyslová provozovna	3
1.2 Základní dělení průmyslových rozvodů:	3
1.2.1 Energetické zdroje.	4
1.2.2 Hlavní rozvody v objektu.	6
1.2.3 Rozvody z hlavní trasy k rozvaděčům podružným, velkým samostatným spotřebičům.	7
1.2.4 Rozvody z podružných rozvaděčů.....	7
1.2.5 Umístění transformátorů a rozvaděčů.....	7
1.2.6 Základní druhy rozvodných sítí.....	7
1.2.7 Stupně dodávky elektrické energie.....	10
1.3 Hlavní části průmyslového rozvodu	12
1.3.1 Transformátor	12
1.3.2 Společné zásady pro všechny transformovny v průmyslovém rozvodu.....	13
1.3.3 Generátor	13
1.3.4 Výkonový vypínač.....	14
1.3.5 Odpínač	16
1.3.6 Odpojovač	16
1.3.7 Motor	17
2. Popis současného stavu	18
2.1 Koncepční uspořádání rozvodny:	18
2.2 Stávající rozvodna odprášení R1.11-22 kV	19
2.2.1 Hlavní přívodní rozvodna R1.11	20
2.2.2 Rozvodna R5.2	21
2.2.3 Rozvaděč nízkého napětí hlavní RM 5.21- 0.4 kV	23
2.2.4 Rozvaděč nízkého napětí RM 5.22- 0.4 kV	24

3.	Nová rozvodna odprášení	25
3.1	Koncepční uspořádání nové rozvodny	25
3.2	Změna napěťové hladiny	26
3.3	Nová rozvodna R5.2.....	27
3.3.1	Změny v zařízení rozvodny R1.11 při přechodu na novou koncepci	28
3.3.2	Vývody jednotlivých polí:	29
3.3.3	Zkratové poměry v nové rozvodně.....	31
3.3.4	Provedení rozvodny R5.2	31
3.3.5	Rozvaděč Rm521	32
3.3.6	Rozvaděč Rm5.22.....	33
4.	Návrh úprav sítě	34
4.1	Změna přívodního vedení.....	34
4.1.1	Osazení výkonovým vypínačem.....	36
4.1.2	Odpojovače.....	37
4.2	Změna v rozvodně R1.11 pro přechod na rozvodu R5.2.....	38
4.2.1	Osazení nových vývodů rozvodny	38
4.3	Výměna transformátorů.....	38
4.3.1	Výměna přívodních kabelu transformátorů.....	39
4.4	Změna v rozvaděči Rm521/522.....	40
5.	Kontrola zkratových poměrů.....	41
5.1	Popis výpočtu	41
5.2	Vstupní hodnoty pro výpočet	43
5.2.1	Příklad výpočtu.....	50
5.3	Výsledné hodnoty pro zkraty.....	54
5.4	Zhodnocení zkratových poměrů	56
6.	Technicko-ekonomické zhodnocení.....	58
6.1	Ekonomické zhodnocení nového přívodu	58
6.1.1	Kalkulace cen za použitý materiál na změnu přívodního vedení	58
6.1.2	Kalkulace cen montážních prací při instalaci kabelu	58

6.2 Ekonomické hodnocení změn v rozvodně R5.2	59
6.2.1 Cena materiálů pro novou rozvodnu R5.2.....	59
6.2.2 Kalkulace cen montážních prací pro rozvodnu R5.2.....	59
6.3 Ekonomické hodnocení výměny transformátorů.....	60
6.4 Ekonomické hodnocení změn v rozvaděči Rm5.21	61
6.5 Ekonomické hodnocení změn v rozvaděči Rm5.22	61
6.6 Celková cena navržených změn v rozvodně	61
6.7 Technický harmonogram prací.....	62
6.8 Technické zhodnocení možností nové rozvodny.....	62
Závěr.....	63
Seznam použité literatury	67
Seznam obrázků:	68
Seznam tabulek:	70
Seznam grafů:.....	71
Seznam volně ložených příloh:	71

Seznam symbolů a zkratek:

AC.....	střídavé napětí [V]
DC.....	stejnosměrné napětí [V]
$I_{\check{c}}$	činný proud [A]
I_j	jalový proud [A]
I_n	jmenovitý proud [A]
I_{th}	ekvivalentní oteplovací proud [A]
$I_{k''}$	počáteční souměrný rázový zkratový proud [A]
i_p	nárazový zkratový proud [A]
i_z	záběrný proud motoru [A]
K_e	součinitel pro výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu [-]
kA.....	kiloampér [kA]
kV.....	kilovolt [kV]
l.....	délka vodiče [m]
MTN.....	měřicí transformátor napětí [-]
MTP.....	měřicí transformátor proudu [-]
nn.....	nízké napětí [-]
P.....	činný výkon [W]
S.....	zdánlivý výkon [VA]
SF6.....	fluorid sírový [-]
Sk.....	zkratový výkon [MVA]
TG1.....	turbogenerátor 1 [-]
T1.....	transformátor 1 [-]
U_n	jmenovité napětí [V]
U_k	jmenovité procentní napětí nakrátko transformátorů [%]
V_n	vysoké napětí [-]
Z.....	impedance [Ω]
$Z_{(1)}, Z_{(2)}, Z_{(0)}$	sousledná, zpětná a netočivá impedance zkratového obvodu [Ω]
β	součinitel soudobosti beta [-]

Úvod

Studie návrhu nové rozvodny odprášení, kterou se zabývá tato diplomová práce, má za hlavní cíl přechod rozvodny z hladiny 22 kV na hladinu 6 kV. Práce je rozdělena do 6 dílčích bodů popsaných v zadání diplomové práce. Prvním bod diplomové práce se zabývá teoretickým rozbohem průmyslového rozvodu. V tomto bodě jsou brány v potaz druhy napájení, stupně důležitosti dodávek elektrické energie, druhy sítí průmyslového rozvodu a nejdůležitější zařízení průmyslového rozvodu. Druhý bod diplomové práce se zabývá popisem současného stavu rozvodny odprášení. Je zde popsán současný stav napájení a vyvedení jednotlivých výkonů z rozvodny odprášení. Ve třetím bodu je již řešen model nové koncepce připojení rozvodny odprášení. Přechod na napájení celé rozvodny z vlastního generátoru. S tímto přechodem napájení je spojena i změna v napájecím napětí nové rozvodny. Mezi hlavní části tohoto bodu patří koncepce uspořádání rozvodny, nová rozvodna odprášení a podružný rozvaděč Rm521. Čtvrtý bod práce je zaměřen na popis úprav sítě potřebných při změně koncepce napájení. Za hlavní úpravu sítě je považováno vyměnění přívodního vedení. Nový přívod je připojen za reaktorem z generátoru TG1. Pátý bod diplomové práce se zaměřuje na kontrolu zkratových poměrů nové koncepce rozvodny. V tomto bodu je naznačen postup výpočtu a jsou zde obsaženy všechny použité hodnoty pro výpočet, jsou zde i konečné výsledné hodnoty zkratových poměrů. Posledním bodem práce je technicko-ekonomické zhodnocení operace. Jelikož součástí zpracované studie není jen návrh, ale i oslovení konkrétní firmy a její cenová kalkulace navržených úprav, tak je v této kapitole vytvořen výpis cen jednotlivých materiálů a prací spojených s novou koncepcí rozvodny odprášení.

1. Teoretický rozbor průmyslových rozvodů



Obr. 1 Průmyslový závod Dalkia Přerov

1.1 Rozvod elektrické energie v průmyslovém závodě a distribuci

Průmyslový rozvod elektrické energie je většinou tvořen vstupní elektrickou stanicí (spínací nebo transformační), napájecím rozvodem včetně podružných elektrických stanic (transformoven, rozvodů a rozvaděčů), provozními rozvody a zařízeními a rozvodem pro řízení elektrického rozvodu.

Plnění funkcí elektrického rozvodného systému je dáno vhodnou volbou konfigurace rozvodné sítě ve všech použitých napěťových hladinách. Na struktuře této sítě závisí rozdělení výkonů, velikost zkratového proudu a hodnota velikosti úbytku napětí. [2]

Vysokou důležitost mají v ekonomii průmyslových rozvodů otázky velikosti použitého napětí. V průmyslovém závodě se elektrická energie rozvádí do elektrických stanic.

Volba napětí napájecích rozvodů závisí především na optimální volbě, s úvahou na investiční a provozní náklady. Volba může být ovlivněna tím, že v závodě je potřeba napájet i vn spotřebiče (pece, motory velkých výkonů). V jednotlivých provozech průmyslového závodu se elektrická energie rozvádí provozními rozvody. Jejich napětí odpovídá napětí spotřebičů a bývá 6 kV, 400 V. [2]

1.1.1 Požadavky na průmyslový rozvod

Hlavním požadavkem je plnění funkce přenosu elektrické energie od zdrojů až k jednotlivým spotřebičům. S parametry dostačujícími pro správný chod spotřebičů a se spolehlivostí danou požadavky provozu. Při provozování průmyslového rozvodu by měly být dodržovány požadavky bezpečnosti.

1.1.2 Průmyslová provozovna

Prostor určený pro průmyslové účely. Průmyslovou provozovnou se rozumí jak provozovna přízemní např. hala, tak i provozovna o více podlažích. Muže jí být také celý závod, podnik, provozní celek, soubor a podobně. Podle druhu provozu jsou to např. provozovny hutní, chemické, strojírenské, potravinářské, textilní a jiné. [1]

1.2 Základní dělení průmyslových rozvodů:

I. Energetické zdroje.

Část rozvodu obsahující zejména transformovny, měnírny, akumulátorovny, strojovny nebo místa velkých pohonných soustrojí

II. Hlavní rozvody v objektu.

Vytvářející hlavní trasy. Jde o hlavní napájecí vedení mezi zdrojem a střediskem odběru.

Středisko odběru je místo s více odběry, velký spotřebič. Hlavní trasa může soustřeďovat více vedení.

III. Rozvody z hlavní trasy k rozvaděčům podružným, velkým samostatným spotřebičům.

Spojující hlavní trasy s podružnými rozvaděči. Připojení samostatných spotřebičů.

IV. Rozvody z podružných rozvaděčů.

Vývody ke spotřebičům, vývody na světelné obvody.

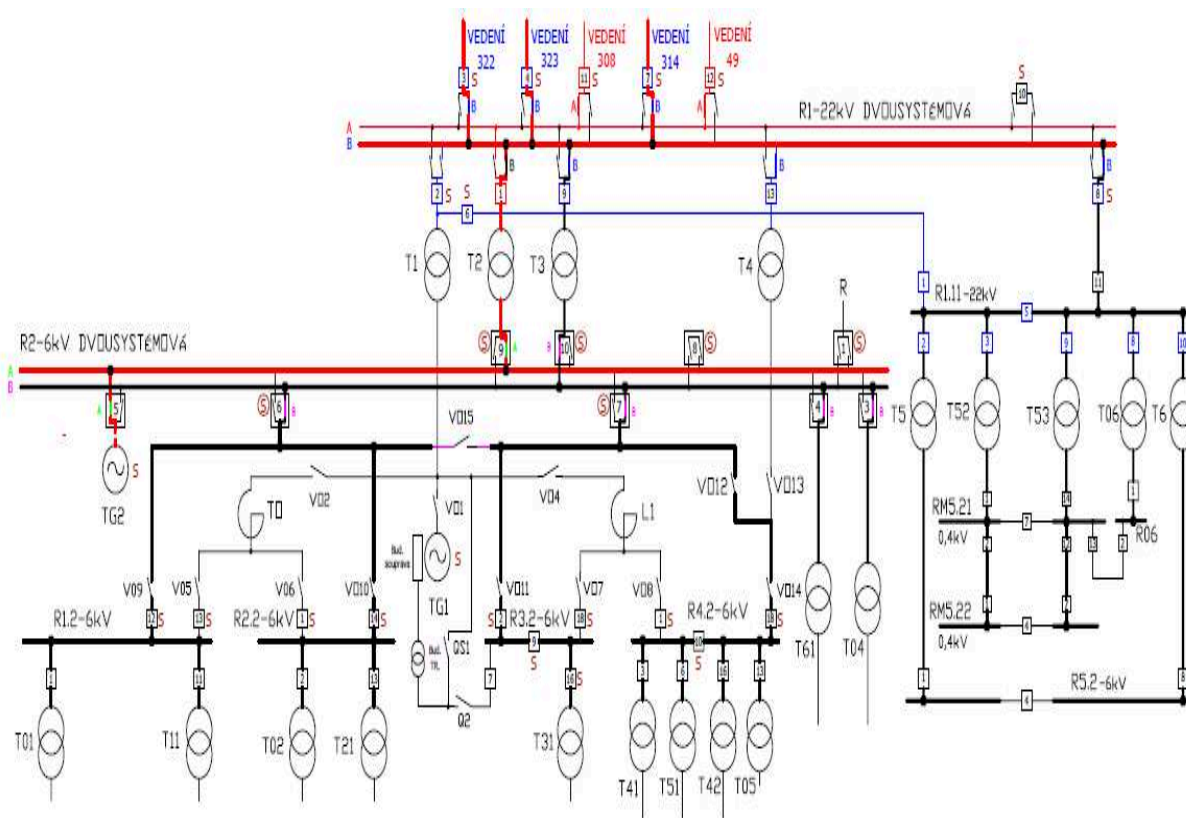
1.2.1 Energetické zdroje.

Průmyslové provozovny jsou napájeny:

1. Napájení průmyslového rozvodu z distribuční sítě
2. Napájení průmyslového rozvodu z vlastních generátorů
3. Napájení průmyslového rozvodu kombinací vlastního zdroje s distribuční soustavou

Pro rozvod v průmyslových provozovnách se zřizuje jedna, popřípadě více transformoven nebo rozveden, rozvaděčů a rozvodnic napájených z jedné nebo více vstupních stanic. Doporučuje se umísťovat transformátory nebo jiné zdroje co nejblíže místu spotřeby. U každé transformovny se zřizuje hlavní sekundární rozvodna.

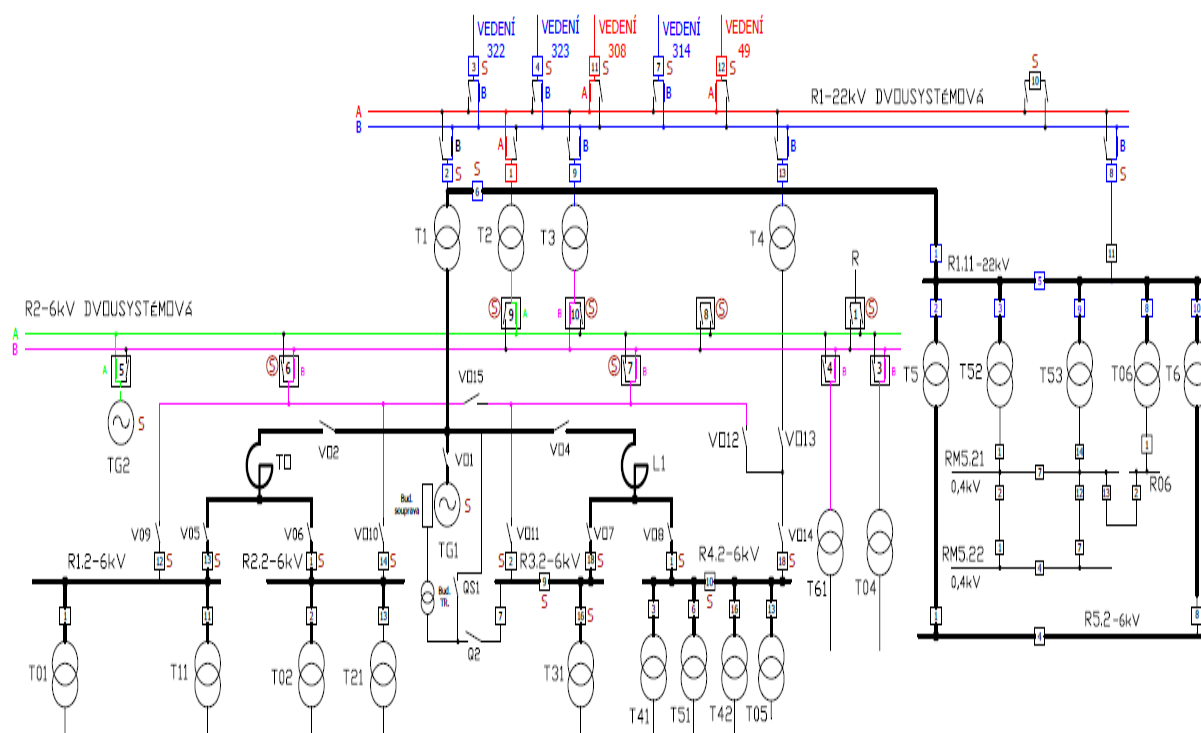
1. Napájení průmyslového rozvodu z distribuční sítě



Obr. 2 Napájení průmyslového rozvodu z distribuční sítě

Průmyslový rozvod je napojen na distribuční síť, ze které odebírá energii. Nevýhodou je úplná závislost na distribuční síti.

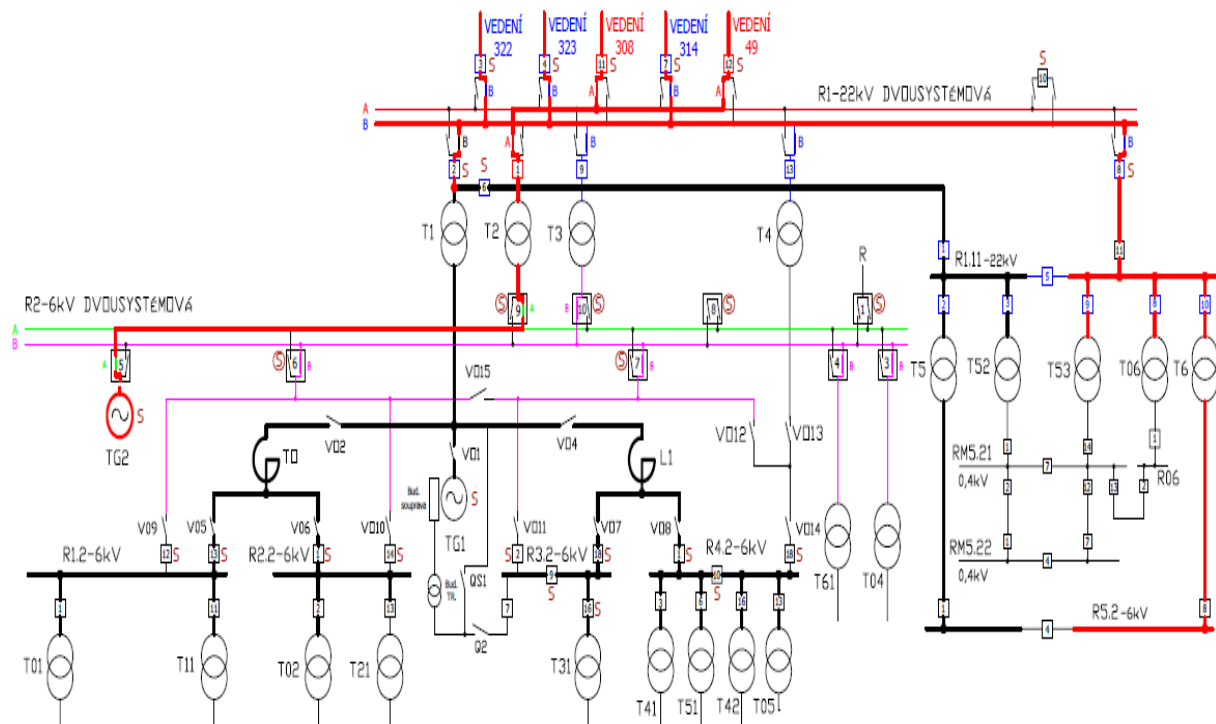
2. Napájení průmyslového rozvodu z vlastních generátorů



Obr. 3 Napájení průmyslového rozvodu z vlastních zdrojů elektrické energie

V případě napájení průmyslového rozvodu z vlastních zdrojů se podnik stává nezávislým na distribuční síti a tím i na dodávkách energie ze sítě. V případě poruchy generátoru se průmysl ocitá bez elektrické energie.

3. Napájení průmyslového rozvodu kombinací vlastního zdroje s distribuční soustavou



Obr. 4 Kombinované napájení průmyslového rozvodu

Průmyslový rozvod je v tomto případě možné napájet jak z vlastních zdrojů, tak i z distribuční sítě. Tento systém dává vyšší stupeň zajištění dodávky energie než v případě, kdy je závod napájen jen z jednoho zdroje. Při výpadku jednoho zdroje zastoupí napájení z druhého zdroje.

1.2.2 Hlavní rozvody v objektu.

Vytvářející hlavní trasy. Jde o hlavní napájecí vedení mezi zdrojem a střediskem odběru.

Středisko odběru je místo s více odběry, velký spotřebič. Hlavní trasa může soustřeďovat více vedení. Páteřní linky napájející jednotlivé velké rozvaděče, většinou hladinou vysokého napětí 22 kV /6 kV. Napájení strojů o velkých výkonech, kompresory nebo generátory. [2]

1.2.3 Rozvody z hlavní trasy k rozvaděčům podružným, velkým samostatným spotřebičům.

Spojující hlavní trasy s podružnými rozvaděči. Připojení samostatných spotřebičů. Rozvody do podružných rozvaděčů navazující z hlavních rozvodů v průmyslovém provozu.

1.2.4 Rozvody z podružných rozvaděčů.

Rozvody napojující obvody z podružných rozvaděčů. Napájení světelných, zásuvkových obvodů v rozvodu. Hladina nn 230/400 V. [2]

1.2.5 Umístění transformátorů a rozvaděčů

Vstupní a hlavní transformovna průmyslového závodu:

- a) Malé průmyslové závody a podnikatelé napájené transformátory 2 x 1 MVA, mají pouze jednu transformovnu 22 kV/nn.
- b) Středně velké průmyslové závody s příkonem $2 \div 10$ MVA mají obvykle hlavní a vstupní transformovnu sloučenou 22 / 6 kV, 6 kV / nn.
- c) Velké průmyslové závody s příkonem nad 10 MVA mají vstupní transformovnu umístěnou v nejvhodnějším místě pro připojení. Kromě této vstupní transformovny je ještě v závodě několik hlavních rozvodů, umístěných v provozovnách s největším odběrem elektrické energie. Podružné transformovny jsou umístěny co nejbližší spotřebě. [2]

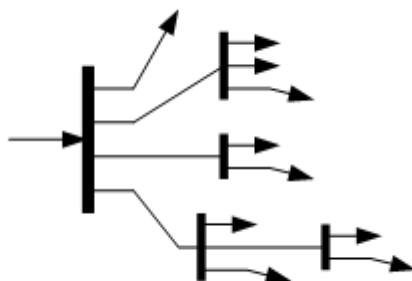
1.2.6 Základní druhy rozvodných sítí

Plnění funkcí elektrického rozvodného systému je dáno vhodnou volbou konfigurace rozvodné sítě ve všech použitých napěťových hladinách. Na struktuře této sítě závisí rozdělení výkonů, velikosti zkratových proudů, úbytky napětí apod. Jsou jí určeny hlavní parametry použitých rozvodných zařízení a jejich vybavení jak v silových obvodech, tak i pokud jde o ovládání, měření a jištění. [2]

Základní druhy rozvodných sítí jsou:

- Paprsková síť
- Průběžná síť
- Okružní síť
- Hřebenová síť
- Mřížová síť

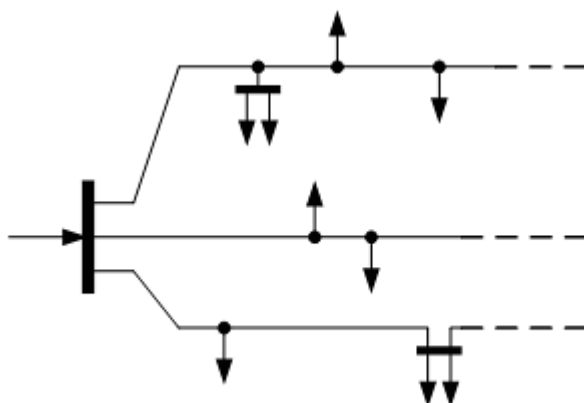
Paprsková síť



Obr. 5 Paprsková síť

Paprskový rozvod nezaručuje vysokou spolehlivost dodávky elektrické energie. V případě výpadku není možno nahradit vypadnuté napájení jiným napáječem. Používá se v oblastech s běžnými nároky na spolehlivost.

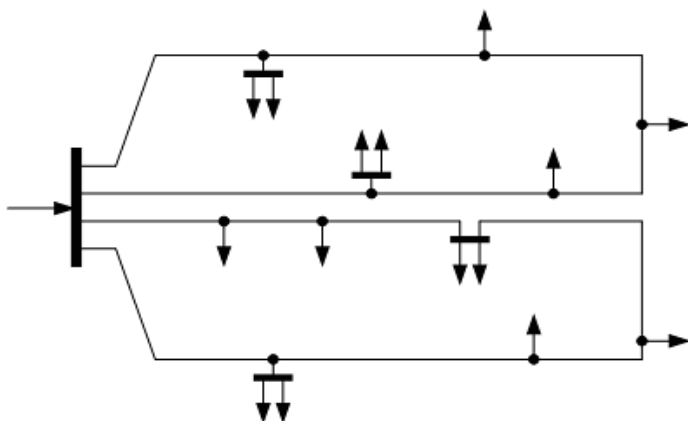
Průběžná síť



Obr. 6 Průběžná síť

Průběžný rozvod se často používá při napájení velkých strojů v průmyslu. Spolehlivost je stále zajištěna jen jedním napáječem.

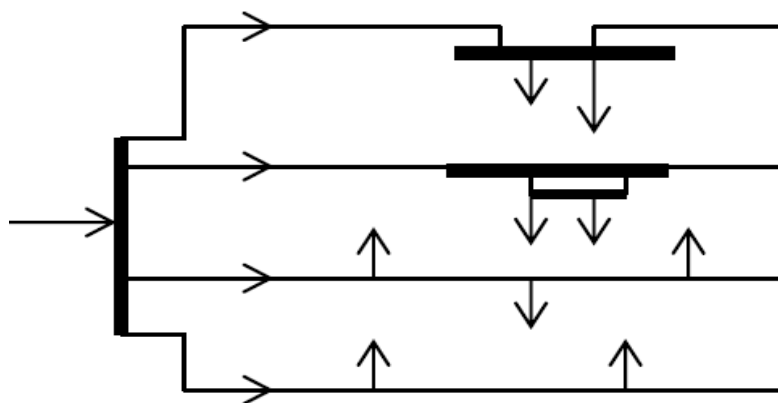
Okružní síť



Obr. 7 Okružní síť

Okružní síť umožňuje napájení obvodu z druhého napáječe při výpadku. Tímto řešením vzniká vyšší spolehlivost provozu.

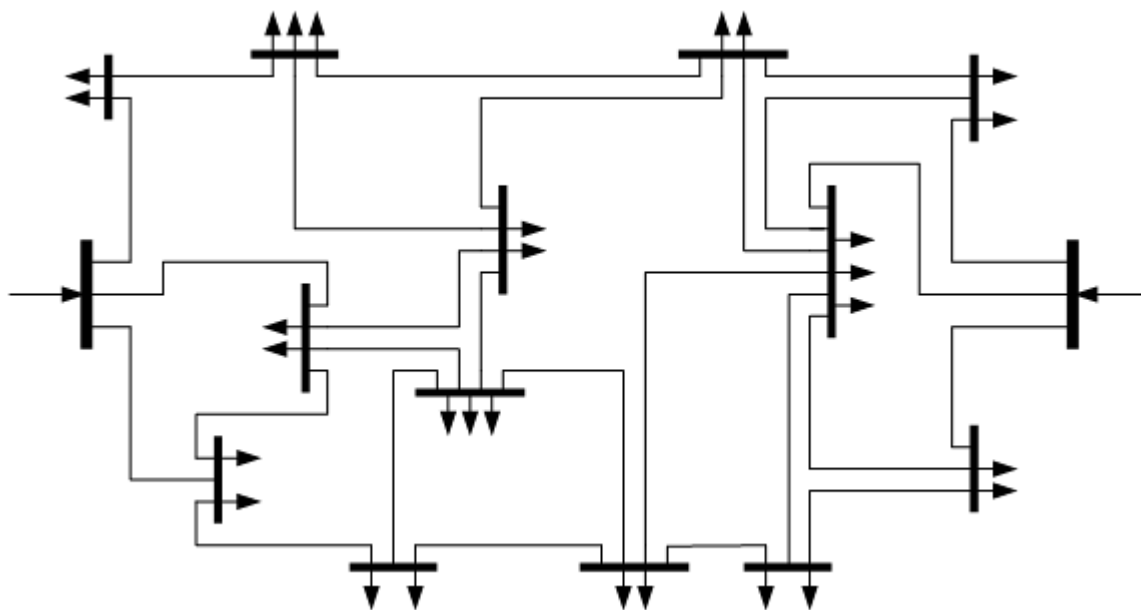
Hřebenový rozvod



Obr. 8 Hřebenový rozvod

Tento rozvod zajišťuje spolehlivější napájení podružných rozvaděčů, lepší využití rozvodu v jeho omezených částech a napájení podružných rozvaděčů v případě poruchy v jedné nebo i ve více větvích rozvodu.

Mřížový rozvod



Obr. 9 Mřížový rozvod

Mřížový rozvod je napájen z více zdrojů. Díky většímu počtu napáječů a okružnímu typu rozvodu je dosaženo vysoké spolehlivosti dodávky elektrické energie. Rozvod typicky použitý pro městské části.

1.2.7 Stupně dodávky elektrické energie

Podle důležitosti jednotlivých provozoven, nebo jen jednotlivých pohonů technologických zařízení jsou dodávky elektrické energie rozděleny do tří stupňů.

Dodávky elektrické energie 1. stupně

Dodávky musí být zajištěny za každých okolností. Přerušení může mít za následek ohrožení lidských životů nebo velké ztráty znehodnocením výroby, destrukcí zařízení a zastavení důležitých strojů sloužících k udržování technologického procesu. Rozhodnutí, jedná-li se o dodávku 1. stupně, je nutno podložit náležitým technicko-ekonomickým zdůvodněním. Mezi dodávky 1. stupně patří např. čerpadla požární vody, výtahy určené k evakuaci osob, čerpadla chladicí a odpadní vody, elektrické pece, jeřáby, zařízení umělého odvětrání prostoru s výbušnými plyny, důlní čerpadla.

Dodávky elektrické energie 1. stupně musí být zajištěny ze dvou na sobě nezávislých

napájecích zdrojů, z nichž každý musí mít takový výkon, aby při jeho vypadnutí byly dodávky 1. stupně zajištěny. Přepnutí na druhý napájecí zdroj se podle technologických podmínek a podle přípustné doby přerušení dodávky elektrické energie provede buď zásahem obsluhy, nebo automaticky ihned po vzniku poruchy.

Jako druhý zdroj napájení elektrickou energií lze použít i záložní zdroj např. dieselagregát. Tento náhradní zdroj musí mít stejnou pohotovost i spolehlivost a nesmí být závislý na prvním elektrickém zdroji, který v případě poruchy vypadl. [1]

Dodávky elektrické energie 2. stupně

Dodávky, které mají být pokud možno zajištěny, jelikož přerušení může způsobit jen zmenšení, nebo zastavení výroby, aniž by při tom nastalo ohrožení osob. Dodávky 2. stupně jsou například obráběcí stroje, automatické linky, pásové a řetězové dopravníky.

Dodávky elektrické energie 2. stupně se provedou podle místního poměru. Počet napáječů, průřezy, výkony a počty transformátoru se volí tak, aby byla zajištěna jejich vzájemná záloha bez dalších investic. Za dostatečné zajištění se většinou považuje připojení alespoň na dva transformátory a jejich napájení se zpravidla již neposuzuje. [1]

Dodávky elektrické energie 3. stupně

Dodávky, které nemusejí být zajištěny zvláštními opatřeními. Mohou se provést připojením na jediný zdroj a nevyžadují dalšího zvláštního zajištění. [1]

1.3 Hlavní části průmyslového rozvodu

1.3.1 Transformátor

Transformátor je zařízení určené k přeměně elektrické energie, slouží jak pro potřeby snížení hodnoty napětí, tak i v případě zvyšovacího transformátoru sloužícího při odvodu elektrické energie z generátoru do distribuční sítě. U velkých průmyslových závodů je umístěn vstupní transformátor 110/22 kV, 22/6 kV. Z těchto vstupních transformátorů jsou napájeny podružné transformátory 6 kV/400 V. V malých průmyslových závodech je vstupní transformátor zároveň transformátorem podružným 22 kV/400 V.



Obr. 10 Hlavní transformátor 50 MVA

1.3.2 Společné zásady pro všechny transformovny v průmyslovém rozvodu

Transformovny budujeme co nejbliže k největší spotřebě elektřiny. Napětí vn přivádíme až do nejbližší vzdálenosti k elektrickým spotřebičům.

Jsou-li přívody provedeny venkovním vedením, musíme dbát předpisové vzdálenosti od budov i pro výstavbu v budoucnu.

Transformátorové komory se stavějí na severní straně objektu z důvodů žádané klimatizace prostoru ASN 38 1753.

Příjezdové cesty k transformovnám mají být co nejméně nákladné. U malých závodů bývá většinou pouze jedna transformovna vn/nn. Tu je pak výhodné umístit do středu největší spotřeby. Budování jediné trafostanice je omezeno přenosovou schopností kabelových rozvodů nn. Za limitní hodnotu se považuje přenos 70 000 kW.m., tj. 700 kW na vzdálenost 100 m nebo 350 kW na 200 m apod. [2]

1.3.3 Generátor

Synchronní stroje jsou dodnes nejdůležitějšími elektrickými stroji pro výrobu elektrické energie. Tyto synchronní generátory, nazývané také alternátory, jsou nejčastěji trojfázové. Alternátory, které jsou v elektrárnách poháněny parními nebo plynovými turbínami při rychlosti otáčení 3000 ot. /min se nazývají turboalternátory nebo jsou-li poháněny vodními turbínami při rychlosti obvykle podstatně nižší, tak se nazývají hydroalternátory. [4]

Generátor: Otáčí-li poháněcí stroj (turbína) nabuzeným rotorem, indukují se v jednotlivých cívkách statoru střídavá napětí sinusového průběhu, která jsou v jednotlivých cívkách vzájemně časově posunutá o úhel 120°. Připojí-li se ke svorkám vinutí statoru trojfázová zátěž (alternátor se zatíží), vinutím statoru bude procházet střídavý elektrický proud. Prochází-li vinutím statoru střídavý trojfázový proud, vzniká stejně jako u asynchronního stroje točivé magnetické pole s otáčkami ns, které má stejnou rychlost otáčení jako rotor a jeho magnetické pole, skluz (rozdíl otáček) stroje je tedy nulový. Proto se stroj nazývá synchronní. [4]

V provozovně Přerov jsou provozována dvě turbosoustrojí.

	TG1	TG2
typ	8HY 610812/2	6H 5974/2
Jmen. zdánlivý výkon	51250kVA	31250 kVA
Jmen. činný výkon	41000kW	25000 kW
Jmen. účinník	0,8	0,8
Jmen. kmitočet	50Hz	50 Hz
Jmen. sdružené napětí statoru	6300 - + 5%V	6300+- 5% V
Zapojení vinutí statoru	hvězda	hvězda
Jmen. proud statoru	4697A	2870 A
Jmen. otáčky	3000 /min	3000 /min
Třída izolace	F	F
Napětí rotoru	82-256V	165 V
Budící proud	220-573A	692 A

1.3.4 Výkonový vypínač

Zařízení, které mají schopnost spínat všechny druhy zátěže jak naprázdno tak při zatížení. Ale také všechny druhy poruch včetně zkratů. Dle média použitého pro zhášení rozdělujeme výkonové vypínače na olejové, vzduchové, vakuové, plynové, magnetické a expanzní.

Dělení vypínačů:

- 1) Podle velikosti napětí – na jakou napěťovou hladinu je vypínač určen
- 2) Podle jmenovitého proudu – proud, který vypínač musí trvale vydržet
- 3) Podle maximálního vypínacího proudu – maximální zkratový proud, který je vypínač schopen vypnout za předepsaných podmínek



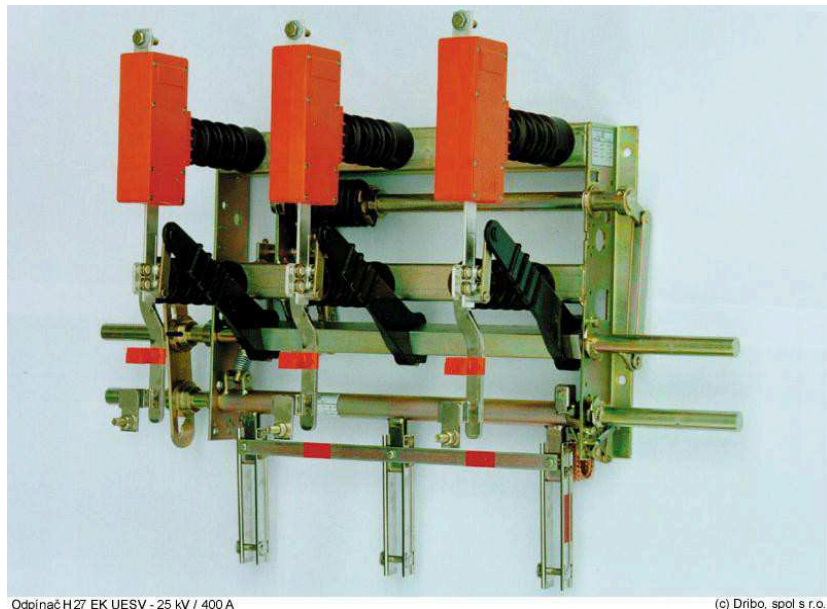
Obr. 11 Vakuový výkonový vypínač



Obr. 12 Upravený nový vakuový vypínač pro použití ve starším provedení rozvodny

1.3.5 Odpínač

Zařízení zkonstruované pro vypínání či zapínání obvodu pod zátěží. Maximální vypínací proud je do hodnoty jmenovitého proudu zařízení. Odpínače nejsou zkonstruovány na vypínání poruchových stavů, nelze použít pro vypínání zkratových proudů.



Obr. 13 Odpínač

1.3.6 Odpojovač

Zařízení konstrukčně řešeno pro vypínání a zapínání elektrických zařízení bez zatížení. Na rozdíl od vypínačů či odpínačů neobsahuje zhášecí prvky. Používá se pro viditelné odpojení elektrických zařízení.



Obr. 14 Odpojovač

1.3.7 Motor

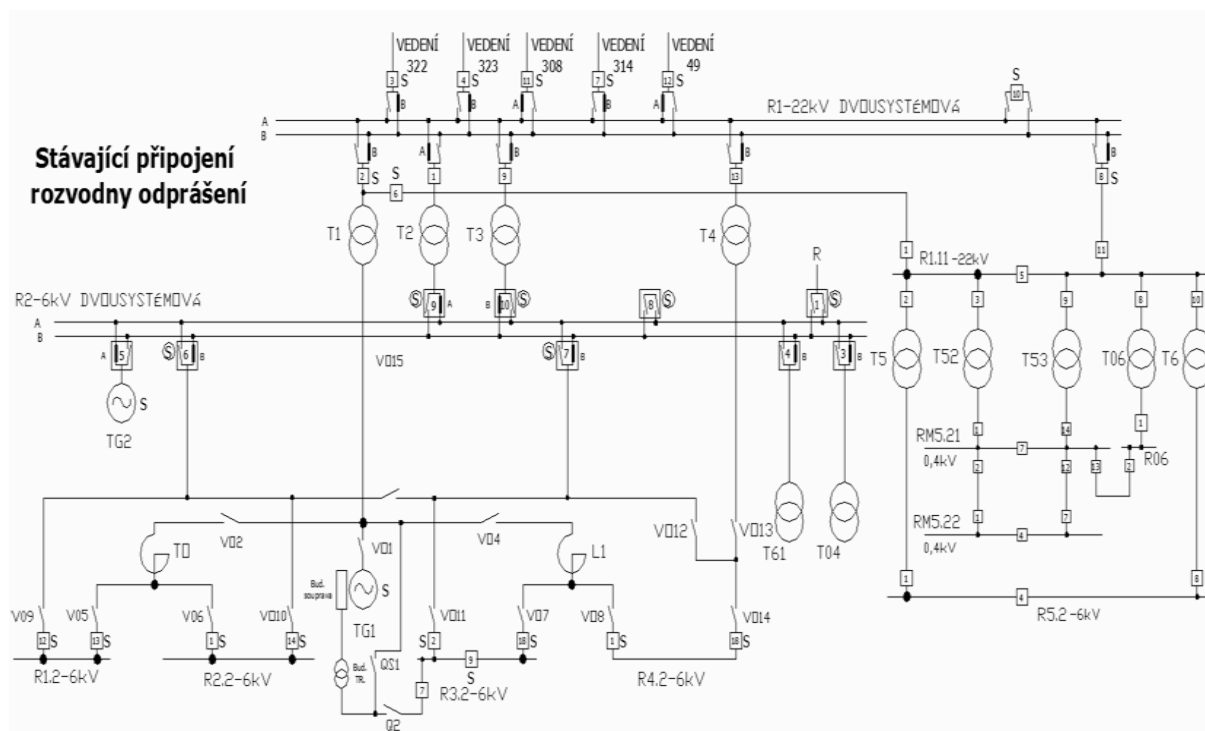
Motor je zařízení pro přeměnu elektrické energie na energii mechanickou. Podle principu činnosti rozdělujeme točivé stroje na asynchronní, stejnosměrné a synchronní.

Asynchronní stroje mají nejčastější použití pro pohon nejrůznějších zařízení, jako jsou ventilátory a soustruhy. Synchronní stroje pracující většinou jako generátory, stejnosměrné stroje mají časté použití v elektrické trakci.



Obr. 15 Motor odprášení 560 kW

1. Popis současného stavu



Obr. 16 Schéma stávajícího připojení rozvodny

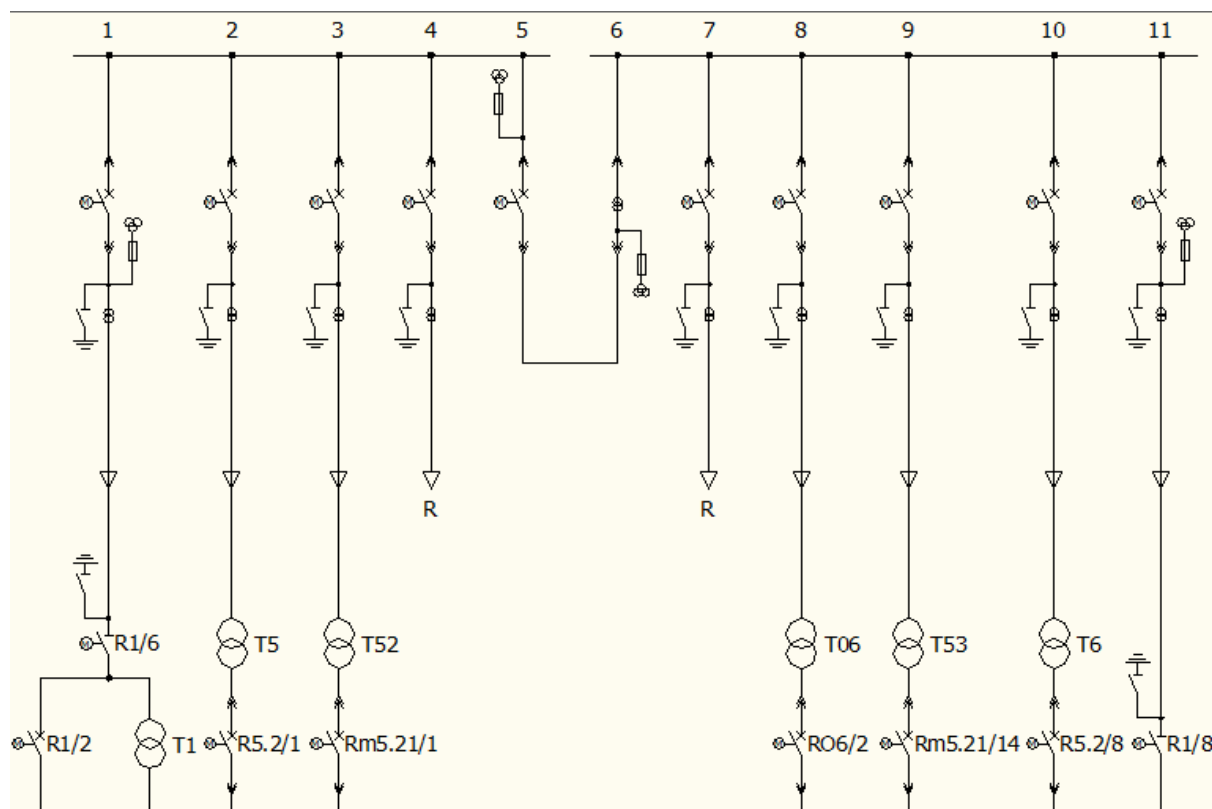
2.1 Koncepční uspořádání rozvodny:



Obr. 17 Objekt rozvodny odprášení

V současném provozu je rozvodna odprášení napájena kombinovanou formou. První přívod je z vlastního generátoru TG1 50MVA připojený za transformátorem T1. Druhý přívod je napojen z napájecích linek číslo 314 a 323 z rozvodny Dluhonice. Za normálního provozu je rozvodna odprášení R1.11 rozdělena podélným dělením na dvě části. Každá část rozvodny je napájena vlastním přívodem. První část je napájena z vlastního generátoru TG1, napájí ji transformátor T5 a T52. Z přívodních linek jsou napájeny transformátory T6, T53 a T06. Transformátory T5 a T6 slouží pro transformaci napětí 22/6 kV a napájí rozvodnu R5.2 – 6kV. Transformátory T52 a T53 pracují na hladině 22/0.4 kV, napájí rozvaděče RM5.21, ze kterého je vyveden rozvaděč RM5.22. Transformátor T06 pracující na hladině 22/0.4 kV slouží pro napájení světelného rozvaděče R06.

2.2 Stávající rozvodna odprášení R1.11-22 kV.



Obr. 18 Schéma stávající rozvodny R1.11

2.2.1 Hlavní přívodní rozvodna R1.11

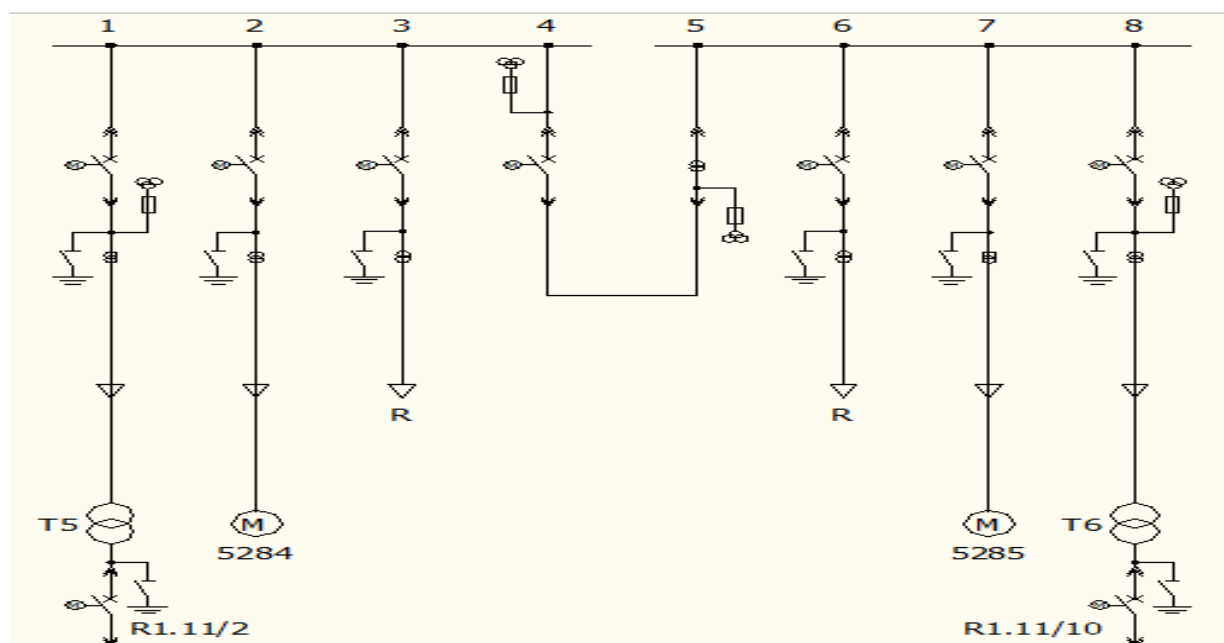
VN rozvaděč skříňového provedení, ocelo-plechové konstrukce typu SR 25 s jednoduchým systémem podélně dělených přípojníc, se skládá z jedenácti polí. Je vyzbrojen vypínači typu VF 12.08.16 - 800A, namontovaných na výsuvných podvozcích, jejichž vysunutím je zajištěno odpojení od systému přípojníc. Pohon vypínače je střadačový s motorovým napínáním pružiny střadače. Zhášecím médiem je fluorid sírový SF6 s pracovním tlakem 0,5 MPa při teplotě 20 °C. Pole jsou vybavena rovněž zemními zkratovači typu ZI ZI 25.25.63 pro ruční manipulaci. Rozvodna slouží pro napájení pohonů podpůrných ventilátorů. Ovládání je místní z čelního panelu pole rozvodny nebo dálkové z elektrické dozorny. [3]

Zkratové poměry rozvodny R1.11:

Jmenovité napětí :	25kV, 50Hz
Jmenovitý proud :	800A
Jmenovitý zkratový proud :	16 kA
Jmenovitý dynamický proud :	40 kA

Pole 5 a 6 slouží pro účely podélné spojky, která slouží pro možné záskokové napájení jednotlivých částí rozvodny.

2.2.2 Rozvodna R5.2



Obr. 19 Schéma stávající rozvodny R5.2

Zkratové poměry

Jmenovité napětí :	6kV, 50Hz
Instalovaný výkon:	1120 kW
Proudové zatížení pole:	800A
Jmenovitý zkratový proud :	16 kA
Jmenovitý dynamický proud :	40 kA



Obr. 20 Rozvodna R5.2

VN rozvaděč skříňového provedení ocelo-plechové konstrukce, typu SR 72.08.16 s jednoduchým zapouzdřeným systémem podélně dělených přípojníc, sestavený z osmi polí. Je vyzbrojen vypínači typu VF 12.08.16 - 800A, namontovaných na výsuvných podvozcích, jejichž vysunutím je zajištěno odpojení od systému přípojníc. Pohon vypínače je střadačový s motorovým napínáním pružiny střadače. Zhášecím médiem je fluorid sírový SF₆ s pracovním přetlakem 0,5 MPa při teplotě 20 °C. Pole jsou vybavena rovněž zemními zkratovači typu ZI 12.31.80 pro ruční manipulaci. Rozvodna slouží pro napájení pohonů podpůrných ventilátorů. Ovládání je místní z čelního panelu pole rozvodny nebo dálkové z elektrické dozorny. [3]

Rozvodna R5.2 – 6Kv slouží pro napájení motorů odprášení M5284 a M5285.

M5284 – Výkon motoru $P = 560 \text{ kW}$
 Jmenovitý proud $I_n = 64 \text{ A}$.
 Jmenovité napětí $U_n = 6 \text{ kV}$

M5285 – Výkon motoru $P = 560 \text{ kW}$
 Jmenovitý proud $I_n = 64 \text{ A}$.
 Jmenovité napětí $U_n = 6 \text{ kV}$



Obr. 21 Motory odprášení

2.2.3 Rozvaděč nízkého napětí hlavní RM 5.21- 0.4 kV

Rozvaděč je skříňového provedení typu R s jednoduchým systémem podélně dělených přípojníc o čtrnácti polích. Je napájen ze dvou stran do polí č. 1 a č. 14, transformátory T52 a T53 - 22/0,4kV; 1600kVA. Přívodní pole č. 1 a č. 14 jsou vybavena jističi typu TERASAKI AT25. Pole č. 7 a č. 8 tvoří podélnou spojku. Pole č. 7 je vybaveno jističem TERASAKI AT25. Rozvaděč je určen pro napájení rozvaděče Rm. 5.22 k záložnímu napájení světelného rozvaděče R06 a pro technologii odprášení. [3]

Zkratové poměry

Provozní napětí:	3PEN stř. 50Hz, 380V/TN-C 2-220V DC/IT 1PE-60V DC/TT
Instalovaný výkon	$P_i = 890 \text{ kW}$
Jmenovitý proud	$I_n = 2500 \text{ A}$
Zkratový proud	$I_{ks} = 37,6 \text{ kA}$
Dynamický proud	$i_p = 85 \text{ kA}$

2.2.4 Rozvaděč nízkého napětí RM 5.22- 0.4 kV

Rozvaděč je skříňového provedení typu R s jednoduchým systémem podélně dělených přípojníc o osmi polích. Je napájen ze dvou stran do polí č. 1 a č. 8, z rozvaděče Rm5.21. Přívodní pole č. 1 a č. 14 jsou vybavena jističi typu TERASAKI AT25. Pole č. 4 tvoří podélnou spojku. Rozvaděč je určen pro napájení kompresorů, které jsou uloženy v polích 3, 6 a 7.

Zkratové poměry

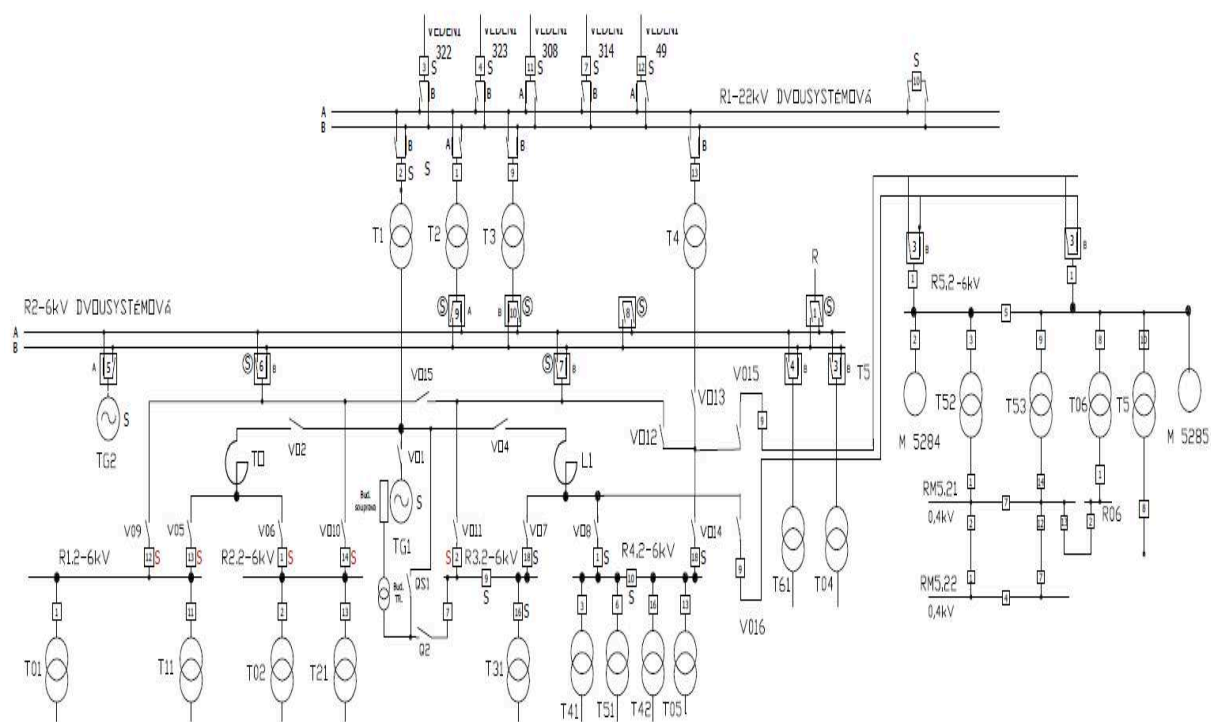
Provozní napětí:	3PEN stř. 50Hz, 380V/TN-C 2-220V DC/IT 1PE-60V DC/TT
Instalovaný výkon	$P_i = 430 \text{ kW}$
Jmenovitý proud	$I_n = 1000 \text{ A}$
Zkratový proud	$I_{ks} = 18.6 \text{ kA}$
Dynamický proud	$i_p = 42 \text{ kA}$

Hlavní transformátory použité v rozvodně odprášení

Označení	T5	T6	T52	T53	T06
Popis	Suchý, vzduchem chlazený	Suchý, vzduchem chlazený	Suchý, vzduchem chlazený	Suchý, vzduchem chlazený	Suchý, vzduchem chlazený
Primární napětí [kV]	22	22	22	22	22
Sekundární napětí [kV]	6	6	0.4	0.4	0.4
Kmitočet [Hz]	50	50	50	50	50
Spojení	Yd1	Yd1	Dyn1	Dyn1	Dyn1
Napětí nakrátko $U_k \%$	6.3	6.3	5.8	5.83	5.98
Výkon [MVA]	2	2	1.6	1.6	1
Odbočky %	+ 5%	+ 5%	- + 2x2,5%/	- + 2x2,5%/	- + 2x2,5%/

Tab. 1 Použité transformátory ve stávající koncepci

2. Nová rozvodna odprášení



Obr. 22 Schéma nového koncepčního řešení rozvodny odprášení

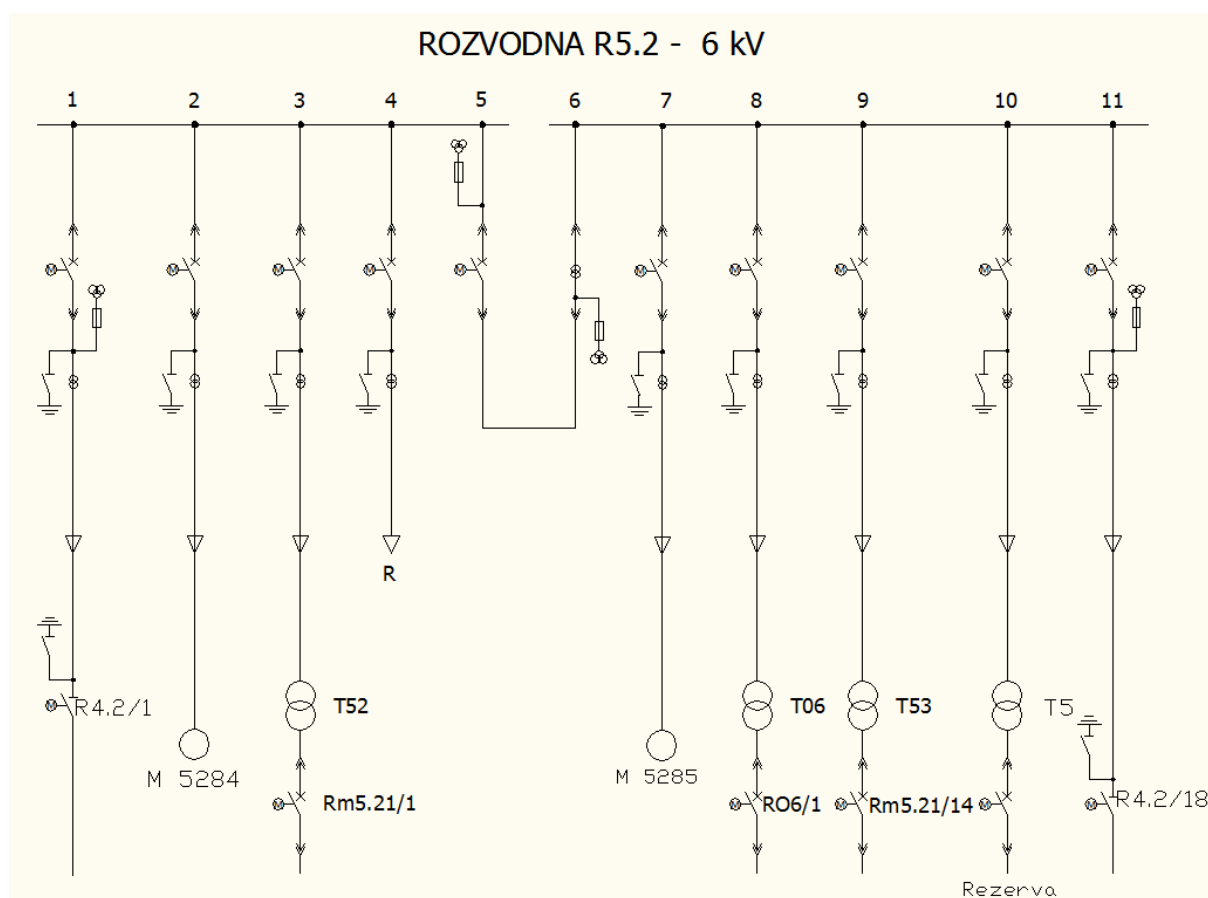
3.1 Koncepční uspořádání nové rozvodny

Nová koncepce připojení spočívá v připojení celé rozvodny z generátoru TG1. Nové připojení bude provedeno na hladině 6 kV. Pro zajištění spolehlivosti dodávky pro rozvodnu odprášení, bude rozvodna připojena dvojím způsobem. První napojení je z generátoru TG1. Druhé zásokové napájení bude provedeno z pomocné sběrný napájené z distribuční sítě. Napojení bude provedeno třemi paralelními kabely na jednu fázi (3*3*1*240mm). Druhý přívod bude v provozu v případě výpadku TG1, za normálního provozu bude celá rozvodna napájena z TG1.

3.2 Změna napět'ové hladiny

Celá rozvodna přechází z napěťové hladiny 22 kV na hladinu 6 kV. Tato změna má za následek ušetření dvojí transformace napětí. První transformací bylo zvýšení napětí z generátoru TG1 z hladiny 6 kV na 22 kV, které následně bylo v rozvodně R1.11 přeměněno na hladiny 6kV, respektive na 0.4 kV. Tímto docházelo ke vzniku ztrát na transformátorech. Nové řešení dovolí vynechat jednak transformaci zvyšovací, tak i částečně transformaci snižovací. Jediné transformátory použité v nové koncepci budou sloužit pro transformaci napětí na hladinu nn tedy na 0.4 kV. Budou to transformátory T52, T53, T06 a T5. Tyto transformátory, budou na hladině 6/0.4 kV. Transformátory T52 a T53 o stejném výkonu 1.6 MVA budou nadále sloužit pro napájení podružných rozvaděčů RM521 a RM522. Transformátor T06 o výkonu 1 MVA bude sloužit pro napájení světelného rozvaděče R06. Nový transformátor T5 o výkonu 1MVA je navržen pro budoucí rozšíření provozu. Ve výpočtu bylo s tímto rozšířením uvažováno s plným zatížením v motorech technologií.

Rozvodna R5.2 – 6 kV



Obr. 23 Schéma nové rozvodny R5.2

3.3 Nová rozvodna R5.2

Nová rozvodna vznikne předěláním stávající rozvodny R1.11. Tato rozvodna je již popsána v současném stavu pod názvem Hlavní rozvodna R1.11. Rozvodna má 11 polí, přičemž dvě sloužily jako rezerva. Pro nové rozpoložení byl brán potaz na co nejmenší zásahy do stávajících rozvodů. Do pole 1, které slouží jako přívodní, bude i pro novou rozvodnu dotažen přívod, který bude kombinovaný a bude sloužit pro napájení celé rozvodny v normálním provozu. Pole dvě je pole, které ve staré koncepci bylo osazeno vývodem pro transformátor T5, ale tento transformátor v nové koncepci již nefiguruje. Pole dvě bude využito pro vývod motoru ventilátoru odprášení M5284. Pole tři zůstává nezměněno, sloužilo jako vývod pro transformátor T52, který napájí podružné rozvaděče RM521 a RM522. I v nové koncepci je vývod na transformátor ponechán. Pole čtyři bude sloužit jako rezerva. Pole 5 a 6 sloužila jako podélná spojka přípojníc. V nové koncepci by bylo vhodné tuto možnost ponechat. Díky této možnosti manipulace je možno provádět vybrané práce, aniž by byl omezen provoz. Pole sedm sloužilo v minulé koncepci jako druhá rezerva. V novém zapojení bude pole sedm sloužit pro připojení druhého motoru ventilátoru odprášení M5285. Pole osm zůstává v nezměněné pozici, vývod pro transformátor T06 sloužící pro napájení světelného rozvaděče R06. Pole 9 je totožné jako pole 3, i toto pole slouží pro vývod transformátoru napájející podružné rozvaděče. Pole deset sloužilo jak vývod na transformátor T6, tento transformátor je zrušen. Nyní pole bude využito jako vývodové pole pro nově vzniklý transformátor T5 o výkonu 1 MVA. Tento transformátor je uvažován do budoucna pro další rozvoj technologií odprášení. Pole jedenáct bude v nové rozvodně plnit funkci jako první pole přívodní. Dvojí možnost napájení rozvodny v kombinaci s podélnou spojkou, vzniká vysoká možnost manipulace, při které by nedošlo k omezení normálního provozu.



Obr. 24 Stávající rozvodna R1.11 použitá pro nový stav R5.2

3.3.1 Změny v zařízení rozvodny R1.11 při přechodu na novou koncepci

Pole číslo 1. Přívodní pole - výměna MTP nový 500/5/5A

výměna MTN nový $6000/\sqrt{3}/100/\sqrt{3} // 100/3V; 50/50 \text{ VA}, 0,5\%/6P$

Pole číslo 2. Vývod na podpůrný ventilátor A - M5184 – instalace kompletního demontovaného zařízení ze stávající rozvodny R5.2

Pole číslo 3. Vývod pro transformátor T 52 - výměna MTP nový 150/5/5A 15/15VA; 0,5%/5P

Pole číslo 4. Rezerva - výměna MTP nový 100/5/5A 15/15VA; 0,5%/5P

Pole číslo 5. Podélná spojka - výměna MTN nový $6000/\sqrt{3}/100/\sqrt{3} // 100/3V; 50/50 \text{ VA}, 0,5\%/6P$

Pole číslo 6. Podélná spojka - výměna MTP nový 500/5/5A 15/15VA; 0,5%/5P

Pole číslo 7. Vývod na podpůrný ventilátor A - M5184 – instalace kompletního demontovaného zařízení ze stávající rozvodny R5.2

Pole číslo 8. Vývod pro transformátor T 06 - výměna MTP nový 100/5/5A 15/15VA; 0,5%/5P

Pole číslo 9. Vývod pro transformátor T 53 - výměna MTP nový 150/5/5A 15/15VA; 0,5%/5P

Pole číslo 10. Vývod pro transformátor T 5 - výměna MTP nový 100/5/5A 15/15VA;
0,5%/5P

Pole číslo 11. Přívodní pole - výměna MTP nový 500/5/5A
výměna MTN nový 6000/ $\sqrt{3}$ //100/ $\sqrt{3}$ //100/3V; 50/50 VA,
0,5%/6P

3.3.2 Vývody jednotlivých polí:

Pole č. 1	Hlavní přívod z odbočky TG1z V052.a			
	MTP	TP 60.1;	500/5/5A; 15/15VA; 0,5%/5P	
	MTN	TJC 4,	6000/√3//100/√3 //100/3V; 50/50 VA, 0,5%/6P	
	OCHRANY:			
	SPAJ 140C	Nadproudová ochr. I>	nastaveno 550A/3s	Signal. /Vypíná
		Zkratová ochrana I>>	nastaveno 3 kA/0,5s	Signal. /Vypíná
	HZO ER723	Záblesková ochrana		Signal. /Vypíná
Pole č. 2	Vývod na podpůrný ventilátor A - M5184 , 560kW , 64A			
	MTP	TP 40.2,	75/5/5A; 15/15VA; 0,5%/5P	
	OCHRANY:			
	SPAM 150C	Tepelná ochrana	nastaveno 63,7A	Signal. /Vypíná
		Rozběhová ochrana	nastaveno 458A/5,8s	Signal. /Vypíná
		Fázová nesymetrie	nastaveno ΔI=10%TL/20s	Signal. /Vypíná
		Zemní ochrana	nastaveno 4%In/1s	Signal.
		Součtová doba rozběhů		Blok
		HZO ER723	Záblesková ochrana	Signal. /Vypíná
	Pole č.3	Vývod pro transformátor T 52 - 6/0,4 kV 1600 kVA		
MTP		TP 60.2,	150/5/5A; 15/15VA; 0,5%/5P	
OCHRANY:				
SPAJ 140C		Nadproudová ochr. I>	nastaveno 170A/3s	Signal. /Vypíná
		Zkratová ochrana I>>	nastaveno 750A/0,3s	Signal. /Vypíná
	HZO ER723	Záblesková ochrana		Signal. /Vypíná
Pole č. 4	Rezerva			
	MTP	TP 60.2,	100/5/5A; 15/15VA; 0,5%/5P	
Pole č. 5	Podélná spojka			
	MTN	TJP 6,	6000/100V	
	OCHRANY:			
	SPAJ 140C	Nadproudová ochr. I>	nastaveno 550A/3s	Signal. /Vypíná
		Zkratová ochrana I>>	nastaveno 4kA/0,25s	Signal. /Vypíná
	SPAU 331C1	Podpětí 1.st U<	nastaveno 0,51Un/0,7s	Signal./Vypíná
		Podpětí 2.st U<<	nastaveno 0,31Un/0,4s	Signal./Vypíná
		Zbytkové přepětí Uo >	nastaveno 0,20Un/10,2s	Signal.
		Zbytkové přepětí Uo >>	nastaveno 0,80Un/1,05s	Signal.
		HZO ER723	Záblesková ochrana	Signal. /Vypíná

Pole č. 6	Podélná spojka			
	MTN	TJP,	6000/100V	
	MTP	TP 60.1,	500/5/5A	
	OCHRANY:			
	SPAU 331C1	Podpětí 1.st U<	nastaveno 0,50Un/0,7s	Signal./Vypíná
		Podpětí 2.st U<<	nastaveno 0,31Un/0,4s	Signal./Vypíná
		Zbytkové přepětí Uo >	nastaveno 0,20Un/10,2s	Signal.
Pole č. 7		Zbytkové přepětí Uo >>	nastaveno 0,80Un/1,05s	Signal.
	HZO ER723	Záblesková ochrana		Signal. /Vypíná
	Vývod na podpůrný ventilátoru B - M5285 , 560kW , 64A			
	MTP	TP 40.2,	75/5/5A; 15/15VA; 0,5%/5P	
	OCHRANY:			
	SPAM 150C	Tepelná ochrana	nastaveno 63,7A	Signal. /Vypíná
		Rozběhová ochrana	nastaveno 458A/5,8s	Signal. /Vypíná
Pole č. 8		Fázová nesymetrie	nastaveno $\Delta I=10\%TL/20s$	Signal. /Vypíná
		Zemní ochrana	nastaveno 4%In/1s	Signal.
		Součtová doba rozběhů		Blok
	HZO ER723	Záblesková ochrana		Signal. /Vypíná
	Vývod pro transformátor T06 6/0,4 kV 1000 kVA			
	MTP	TP 60.2,	100/5/5A; 10/15VA; 0,5%/5P	
	OCHRANY:			
Pole č. 9	SPAJ 140C	Nadproudová ochr. I>	nastaveno 100A/3s	Signal. /Vypíná
		Zkratová ochrana I>>	nastaveno 500A/0,3s	Signal. /Vypíná
	HZO ER723	Záblesková ochrana		Signal. /Vypíná
	Vývod pro transformátor T53 6/0,4kV, 1600 kVA			
	MTP	TP 60.2	150/5/5A	
	OCHRANY:			
	SPAJ 140C	Nadproudová ochr. I>	nastaveno 170A/3s	Signal. /Vypíná
Pole č. 10		Zkratová ochrana I>>	nastaveno 750A/0,3s	Signal. /Vypíná
	HZO ER723	Záblesková ochrana		Signal. /Vypíná
	Vývod pro transformátor T5 4/6KV, 1000 kVA			
	MTP	TP 60.2,	100/5/5A; 15/15VA; 0,5%/5P	
	OCHRANY:			
	SPAJ 140C	Nadproudová ochr. I>	nastaveno 100A/3s	Signal. /Vypíná
		Zkratová ochrana I>>	nastaveno 500 A/0,3s	Signal. /Vypíná
Pole č. 11	HZO ER723	Záblesková ochrana		Signal. /Vypíná
	Přívod ze záložní sběrný z TG2 za V052.b			
	MTP	TP 60.1,	500/5/5A; 15/15VA; 0,5%/5P	
	MTN	TJC 4,	6000/ $\sqrt{3}$ /100/ $\sqrt{3}$ //100/3V; 50/50 VA, 0,5%/6P	
	OCHRANY:			
	SPAJ 140C	Nadproudová ochr. I>	nastaveno 550A/k=0,3	Signal. /Vypíná
		Zkratová ochrana I>>	nastaveno 3 kA/0,5s	Signal. /Vypíná
	HZO ER723	Záblesková ochrana		Signal. /Vypíná

3.3.3 Zkratové poměry v nové rozvodně

Rozvodna R5.2 je provozována jako izolovaná, proto zde nevznikají jednofázové zkraty.

Označení	Zkratový proud [KA]	Zkratový výkon [MVA]	Nárazový zkratový proud [KA]	Ekvivalentní oteplovací proud
I''_{k3}	13.886	144.308	35.348	15.95
I''_{k2}	12.062	125.351	30.704	13.871
I''_{k1}	nevzniká	nevzniká	nevzniká	nevzniká

Tab. 2 Zkratové poměry v nové rozvodně R5.2

Pomocí výpočtu byly stanoveny zkratové poměry v nové koncepci rozvodny odprášení. Nejvyšší hodnota krátkodobého zkratového proudu je 13.928 kA, současná rozvodna je konstruována na 16 kA. Současná rozvodna tedy vyhovuje z hlediska zkratových poměrů.

3.3.4 Provedení rozvodny R5.2

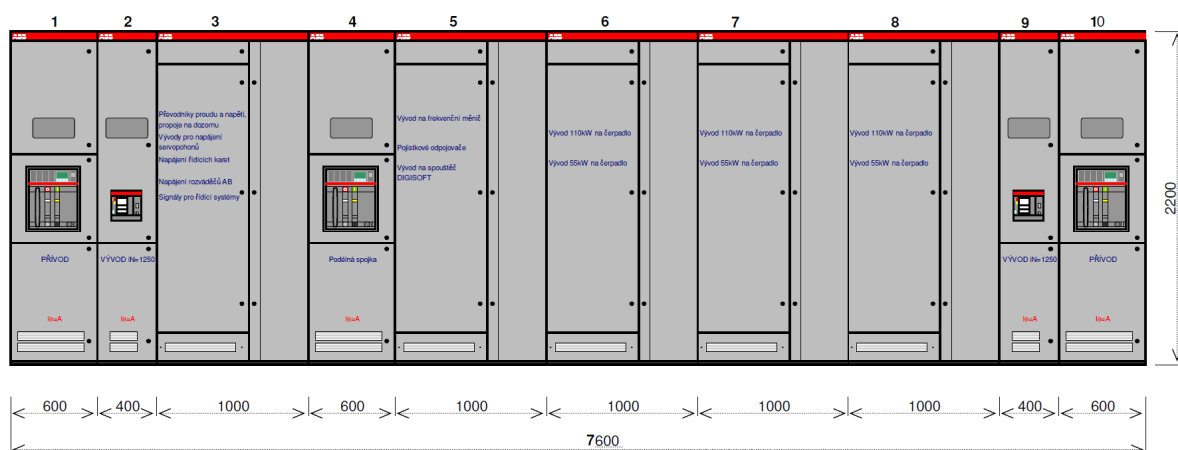
Skříňového provedení ocelo-plechové konstrukce typu SR 25 s jednoduchým systémem podélně dělených přípojníc se skládá z jedenácti polí. Je vyzbrojen vypínači typu VF 12.08.16 - 800A, namontovaných na výsuvných podvozcích, jejichž vysunutím je zajištěno odpojení od systému přípojníc. Pohon vypínače je střadačový s motorovým napínáním pružiny střadače. Zhášecím médiem je fluorid sírový SF6 s pracovním přetlakem 0,5 MPa při teplotě 20 °C. Pole jsou vybavena rovněž zemními zkratovači typu ZI ZI 25.25.63 pro ruční manipulaci. Rozvodna slouží pro napájení pohonů podpůrných ventilátorů. Ovládání je místní z čelního panelu pole rozvodny nebo dálkové z elektrické dozorny. [3]

Parametry nových transformátorů použitých v rozvodně odprášení

Označení	T5	T52	T53	T06
Popis	Suchý, vzduchem chlazený	Suchý, vzduchem chlazený	Suchý, vzduchem chlazený	Suchý, vzduchem chlazený
Výkon [MVA]	1	1.6	1.6	1
Primární napětí [kV]	6	6	6	6
Sekundární napětí [kV]	0.4	0.4	0.4	0.4
Kmitočet [Hz]	50	50	50	50
Spojení	Dyn1	Dyn1	Dyn1	Dyn1
Napětí nakrátko $U_k \%$	6	6	6	6
Výkon [MVA]	1	1.6	1.6	1
Ztráty na prázdno P_0 [kW]	2.3	3.1	3.1	2.3
Hmotnost [kg]	2420	3350	3350	2420
Odbočky %	+ -2x2,5%	- + 2x2,5%/	- + 2x2,5%/	- + 2x2,5%/

Tab. 3 Parametry nových transformátorů

3.3.5 Rozvaděč Rm521



Obr. 25 Rozvaděč Rm521

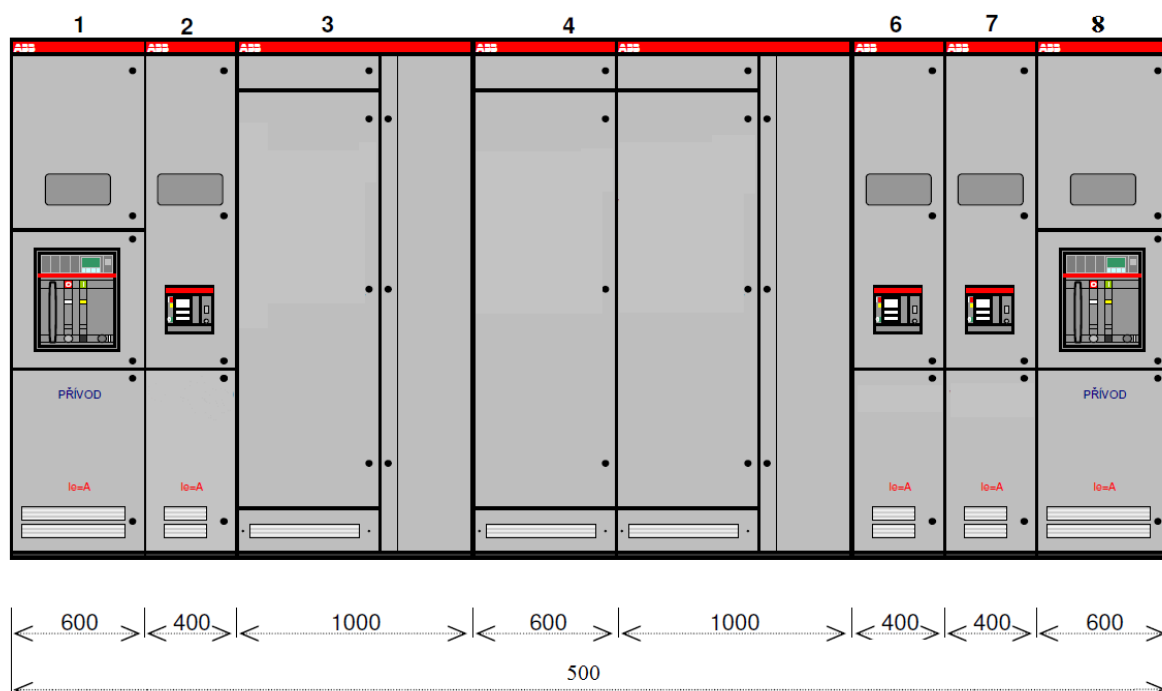
Nový rozvaděč Rm521 navržený firmou ABB. Celková délka nového rozvaděče je 7600 mm a obsahuje 10 polí. Pole 1 a 10 slouží jako přívodní a jsou do nich vyústěny přívody z transformátorů T52 a T53. Pole 2 a 12 slouží pro napájení druhého rozvaděče Rm522. Další pole slouží pro napájení jednotlivých technologií. Jelikož cílem diplomové práce byla v první řadě přívodní rozvodna 5.2, tak podružný rozvaděč byl řešen spíše jako celkový koncept.

Hlavním požadavkem byla zkratová odolnost daného rozvaděče na $I_k = 50 \text{ kA}$, aby rozvaděč odolal vypočtenému zkratovému proudu. Celková délka nového rozvaděče je 7600 mm.

Přívodní pole a pole podélné spojky budou osazena jističi z řady Emax od firmy ABB se jmenovitým proudem $I_n = 2500 \text{ A}$. Ostatní vývodová pole budou osazena jističi řady Tmax, které jsou použitelné od 16 do 1600 A.

Pro detailní koncepci by bylo zapotřebí dodat liniové schéma rozvaděče, požadavky na měření a požadavky na napájení rozvaděče. Cena orientačně sestaveného rozvaděče je vyčíslena v posledním bodu diplomové práce.

3.3.6 Rozvaděč Rm5.22



Obr. 26 Rozvaděč Rm5.22

Rozvaděč Rm5.22 je druhá část rozvaděče Rm5.21. Navrhovaný rozvaděč se skládá z osmi polí, přičemž 1 a 8 pole slouží jako přívodní pole z rozvaděče Rm5.21. Pole 2, 6 a 7 slouží pro napájení kompresorů. V poli 4 je umístěna podélná spojka. Celková délka nového rozvaděče je 5000 mm.

Přívodní pole a pole podélné spojky budou osazena jističi z řady Emax od firmy ABB se jmenovitým proudem $I_n = 1000 \text{ A}$. Ostatní vývodová pole budou osazena jističi řady Tmax, které jsou použitelné od 16 do 1000 A. Požadavek na zkratovou odolnost je totožný jako pro rozvaděč Rm5.21. Zkratová odolnost $I_k = 50 \text{ kA}$.

3. Návrh úprav sítě

4.1 Změna přívodního vedení

Změna vyplývá z nové koncepce připojení, jelikož rozvodna bude napájena výhradně z vlastních zdrojů. Připojení bude řešeno v místě za reaktorem L1. Délka nového kabelu je 200m. Výpočtem bylo zjištěno, že pro správnou funkci a dodržení všech norem. Je nutné použít tří jednožilové kabely na jednu fázi. Tedy $3 \times 3 \times 1 \times 240\text{mm}$. Kabel bude položen na kabelové lávky vedoucí směrem ke stávající rozvodně. Kabel bude ukončen kabelovou koncovkou v daném místě připojení do rozvaděče.



Obr. 27 Uložení kabelů

Dimenzování kabelu

Průřez vodičů musí být takový, aby vyhovoval 6 základním hlediskům:

1. Oteplení vodiče s ohledem na proudové zatížení
2. Dovolенý úbytek napětí
3. Odolnost vůči zkratovým proudům
4. Mechanická odolnost
5. Bezpečný provoz, správná funkce ochrany
6. Hospodárnost

Pro potřeby diplomové práce byly řešeny body 1 a 2. Další body dimenzování vedení nejsou v diplomové práci řešeny.

Návrh přívodního vedení

Instalovaný výkon v rozvodně

$$P_i = 5.28 \text{ MW}$$

Součinitel soudobosti

$$\beta = 0.8$$

Výpočtový výkon

$$P_p = 4.224 \text{ MW}$$

Vypočtený proud

$$I_{nv} = 508 \text{ A}$$

Přívodní vedení AYKCY 3*1*240 (tři jednožilové vodiče 240mm na jednu fázi)

Kontrola vodiče na dovolené oteplení

Proudová zatížitelnost jednoho vodiče 376 A

Proudová zatížitelnost tří vodičů $I_{nk} = 1128 \text{ A}$

$$I_{dov} = K_1 * K_2 * K_3 * I_{nk}$$

K_1koeficient teploty okolního prostředí 30°C

$$K_1 = 0.95$$

K_2koeficient materiálu vodiče PVC

$$K_2 = 0.74$$

K_3koeficient uspořádání kabelů

$$K_3 = 0.7$$

$$I_{dov} = 0.95 * 0.7 * 0.74 * 1128$$

$$I_{dov} = 555 \text{ A}$$

$$\underline{I_{dov} > I_{nv}}$$

Kabel vyhovuje z hlediska oteplení.

Kontrola úbytku napětí

Měrná vodivost hliníku 1/33 Ω/m

Délka přívodního vedení $l = 180 \text{ m}$

Průřez přívodního vedení $S = 720 \text{ mm}^2$

Výpočtový výkon v rozvodně $P_p = 4.240 \text{ MW}$

Dovolený úbytek napětí

$$\Delta U_{\text{dov}} = 2\% = 70 \text{ V}$$

Proud v kabelu

$$I = 508 \text{ A}$$

$$I_{\text{č}} = 406.4 \text{ A}$$

$$I_{\text{j}} = 304.7 \text{ A}$$

Parametry kabelu

$$R_{\text{k}} = 0.125 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$X_{\text{k}} = 0.105 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$l = 200 \text{ m}$$

Tři paralelní kabely na každou fázi

Úbytek napětí

$$\Delta U_{\text{f}} = R_{\text{k}} \cdot l \cdot I_{\text{č}} + X_{\text{k}} \cdot l \cdot I_{\text{j}}$$

$$\Delta U_{\text{f}} = 0.008333 \cdot 406.7 + 0.007 \cdot 304.7$$

$$\Delta U_{\text{f}} = 3.3878 + 2.1329$$

$$\Delta U_{\text{f}} = 5.5 \text{ V}$$

$$\Delta U_{\text{f}} < \Delta U_{\text{fdov}}$$

Kabel vyhovuje z hlediska dovoleného úbytku napětí.

4.1.1 Osazení výkonovým vypínačem

Proud tečící přívodním vedením je brán ze jmenovitých výkonů napájených zařízení v rozvodně R5.2. Tedy transformátoru T52, T53, T06, T5 a motorů odprášení M5284 a M5285. Součtem jejich výkonů $P = 5.2 \text{ MW}$ z toho výpočtem hodnota $I_{\text{n}} = 637 \text{ A}$. Součinitele soudobosti $\beta = 0.8$. Pro dimenzování vypínače byl brán proud $I_{\text{n}} = 508 \text{ A}$. Pro daný proud a pro zkratové hodnoty v nové rozvodně byl vybrán výkonový vypínač od firmy ABB série AVDAC. Tento typ vypínače bude použit pro napojení obou přívodů do rozvodny.

Výkonový vypínač ADVAC VD4/R 12

$U_n = 12 \text{ kV}$

$I_n = 630 \text{ A}$

$I_k = 16 \text{ kA}$



Obr. 28 Výkonový vypínač ADVAC VD4/R 12

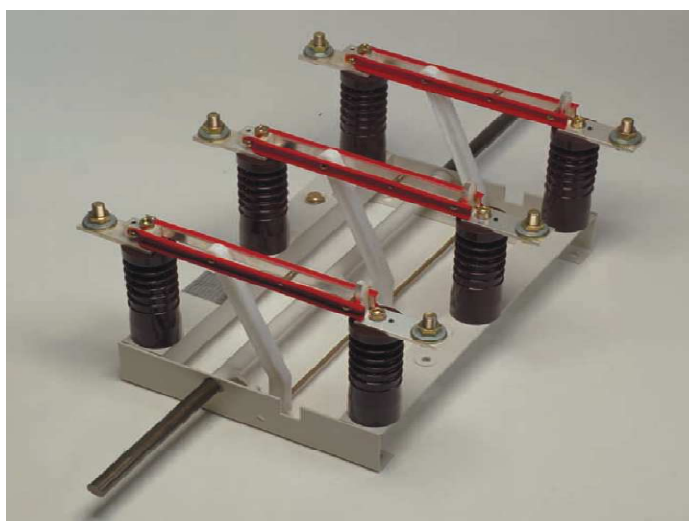
4.1.2 Odpojovače

Kabel bude na obou koncích napojen přes odpojovač, který slouží pro viditelné odpojení pro případ údržby. Byly zvoleny odpojovače od firmy ABB OJON typ 3-10/630.

$U_n = 12 \text{ kV}$

$I_n = 630 \text{ A}$

$I_k = 80 \text{ kA}$



Obr. 29 Odpojovač OJON typ 3-10/630

4.2 Změna v rozvodně R1.11 pro přechod na rozvodnu R5.2

Dochází ke změně napětí směrem k nižší hladině z hladiny 22 kV na hladinu 6 kV. Pro novou rozvodnu je tedy možné ponechat zařízení, které vyhovuje jak vzdálenostními předpoklady, tak je dimenzováno na zvýšený proud. Zvýšený proud je následkem snížení hodnoty napájecího napětí.

4.2.1 Osazení nových vývodů rozvodny

Pro osazení vývodů 2 a 7 v nové rozvodně, které jsou navrženy pro napájení motorů odprášení, bude použita stávající technologie ze zrušené rozvodny R5.2. Jde o kompletní demontáž pole s měřením, ochranami a vypínačem. A následná montáž do polí 2 a 7 nově vzniklé rozvodny.

4.3 Výměna transformátorů

Jelikož v současném stavu je rozvodna napájena hladinou 22kv, tak je zapotřebí výměny stávajících transformátorů. Jedná se o transformátory snižovací, a to T52, T53 a T06. Tyto transformátory jsou v současné době v provedení 22/0.4 kV, pro novou koncepci je za potřebí transformační poměr 6/0.4 kV.



Obr. 30 Suchý transformátor

Stávající transformátory T5 a T6, které sloužily pro napájení rozvodny pro motory, budou demontovány, jelikož v nové koncepci nejsou zapotřebí.

Nově bude do koncepce zařazen transformátor T5, který bude sloužit pro napájení budoucích nových technologií. Tento transformátor zaujme pozici po stávajícím transformátoru T6. T5 bude zatím jen jako rezerva pro budoucí rozvoj. Transformátor T5 bude mít transformační převod 6/0,4 kV.



Obr. 31 Stání transformátoru T06

Tabulka s jednotlivými parametry transformátorů použitých v nové koncepci je v kapitole číslo 3 Návrh nové rozvodny.

Demontáž a montáž transformátorů provede specializovaná firma. Cenovou kalkulaci zaslala firma ABB. Stávající transformátory budou demontovány a nabídnuty k odprodeji, tím dojde ke zlevnění realizace díky možnosti ušetření nákladů za ekologickou likvidaci zařízení.

4.3.1 Výměna přívodních kabelu transformátorů

Transformátor T52, T53 položení nového kabelu 6–AYKCY 3*120/16 mm²

Transformátor T5, T06 položení nového kabelu 6–AYKCY 3*70/16 mm²

Pro kalkulaci cen bude brána v potaz průměrná délka napojení cca 15m.

4.4 Změna v rozvaděči Rm521/522

Tyto rozvaděče nevyhovuje z hlediska zkratových poměrů. Z tohoto důvodu byla kontaktována firma ABB pro nacenění nových rozvaděčů. Půjde o kompletní výměnu stávajícího rozvaděče.

4. Kontrola zkratových poměrů

5.1 Popis výpočtu

Prvním krokem při výpočtu bylo seznámení se s provozním stavem a konfigurací sítě v celém podniku Dalkia. Po seznámení s provozem bylo sestaveno náhradní schéma pro „model“ sítě. Model sítě je přiložen jako volná příloha v zadní části vazby. Po sestavení náhradního schéma došlo k vytvoření výpočtového schéma. Výpočtové schéma vznikne nahrazením jednotlivých prvků v obvodu pomocí reaktancí a odporů. Výpočtové schéma je přiloženo taktéž jako příloha. Na výpočtovém schématu figurují jednotlivé reaktance a odpory daných prvků. Jelikož výpočet je dělán jako zběžný, byly zanedbány odpory motorů, transformátorů a generátoru.

Výpočet byl definován v prostředí Mathcad. V tomto programu byly definovány jednotlivé větve, viz následující ukázka v této kapitole. Postupným zjednodušováním sérioparalelního obvodu dojde k vyčíslení jedné celkové impedanci Z , která následně slouží pro výpočet zkratu.

Ve výpočtu byla uvažována dvě místa možného zkratu. Prvním místem je rozvodna R5.2, která pracuje na hladině 6 kV. Druhé místo v rozvaděči je RM5.22, tento rozvaděč pracuje na hladině 0.4 kV. Jelikož celá Dalkia je provozována jako síť IT, jen rozvaděče koncové na hladině 0.4 kV jsou v síti TN-C, popřípadě TN-C-S, není možné vznik jednofázového zkratu v rozvodně R5.2.

Pro zjištění maximálních zkratových proudů byly použity různé konfigurace napájecí sítě. Nejvyšší zkratové hodnoty v rozvodně R5.2 bylo dosaženo při provozu transformátoru T52 při napájení podružného rozvaděče Rm522. Nejvyšší hodnoty zkratového proudu v rozvaděči Rm522 bylo dosaženo při stejné konfiguraci sítě jako pro rozvodnu R5.2. Jelikož druhý podružný rozvaděč je vzdálen jen pár desítek metrů, byly pro něj brány stejné vypočtené hodnoty jako pro rozvaděč Rm5.22

Pro výpočet byly stanoveny zjednodušující pravidla. Motory napojené v jednotlivých rozvodnách byly nahrazeny ekvivalentními motory. Podmínkou ekvivalence byla parametrová podobnost jednotlivých motorů. Hlavně jde o záběrný proud motorů. Kabeláž k motorům byla

taktéž nahrazena ekvivalentním kabelem. Pro stanovení ekvivalentního kabelu bylo bráno v potaz průměrné délky kabelu k ekvivalentnímu motoru.

Dle normy ČSN 60909 rozeznáváme dva druhy zkratu, blízký a vzdálený zkrat. Pro výpočet bylo uvažováno se zkratem blízkým. „Elektricky blízký zkrat je zkrat, při kterém příspěvek alespoň jednoho stroje k předpokládanému počátečnímu souměrnému rázovému proudu překračuje dvojnásobek jmenovitého proudu stroje nebo zkrat při kterém příspěvek asynchronních motorů překračuje 5% počátečního souměrného rázového zkratového proudu bez motorů.“ [1]

Zjednodušující podmínky pro výpočet.

- Po dobu trvání zkratu se nemění typ probíhajícího zkratu.
- Po dobu trvání zkratu se nemění konfigurace sítě.
- Impedance transformátoru se počítají pro případ, že přepínače odboček jsou v základní poloze.
- Odpor oblouku se zanedbává
- Výpočet je proveden jednofázovým modelem, uvažuje se symetrická síť.

Výpočet má za cíl stanovit maximální hodnoty zkratových poměrů. Tím pádem se uvažuje s nejhorší možnou variantou zapojení. V zapojení jsou uvažovány všechny příspěvky. Vstupní a výstupní hodnoty z výpočtu jsou uvedeny v tabulkách této kapitoly.

5.2 Vstupní hodnoty pro výpočet

- Vztažný výkon pro výpočet $S_v = 100 \text{ MVA}$
- Vztažné napětí (hodnota vztažená na místo zkratu)
 $\text{Zkrat R5.2 } U_{vr5.2} = 6 \text{ kV}$
 $\text{Zkrat R5.22 } U_{vr5.22} = 0.4 \text{ kV}$
- Vztažný proud (hodnota vypočtená ze vztažného výkonu a napětí)
 $\text{Zkrat R5.2 } I_{vr5.2} = 9.623 \text{ kA}$
 $\text{Zkrat R5.22 } I_{vr5.22} = 144.338 \text{ kA}$

Parametry soustavy

Zkratový výkon soustavy $S_k = 430 \text{ MVA}$

Postup výpočtu

$$Z_s = \frac{c * S_v}{S_k}$$

S_v ...vztažný výkon

$$Z_s = \frac{1.1 * 100}{430}$$

$$Z_s = 0.256 \Omega$$

Parametry transformátorů

Označení	T1	T3	T5	T01	T11	T21	T31	T41	T42	T51	T52	T53	T61
Jmenovitý výkon (MVA)	50	12.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1.6	1.6	1
Primární napětí (kV)	23	23	6	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6	6	6	6	6
Sekundární napětí (kV)	6.3	6.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Napětí na krátko %	9	8.75	6	6.31	6.23	6.31	5.71	5.68	5.83	6	6	5.83	6
Spojení transformátoru	Yd1	Yd1	Dy1	Dy1	Dy1	Dy1	Dyn1	Dyn1	Dyn1	Dyn1	Dyn1	Dyn1	Dyn1

Tab. 4 Parametry transformátorů použité pro výpočet

Vypočtené hodnoty jednotlivých transformátorů

Postup výpočtu

Reaktance transformátoru T1

Výpočet sousledné reaktance

$$X_{t1} = \frac{U_{kt1} \cdot S_v}{100 \cdot S_{t1}} [\Omega]$$

U_{kt1} ... napětí na krátko %

S_v ... vztažený výkon

S_{t1} ... výkon transformátoru T1

$$X_{t1} = \frac{9 \cdot 100}{100 \cdot 50}$$

$${}_1X_{t1} = 0.18 [\Omega]$$

Zpětná reaktance

$${}_2X_{t1} = {}_1X_{t1} [\Omega]$$

Netočivá reaktance

$${}_0X_{t1} = 0.85 \cdot {}_1X_{t1} [\Omega]$$

Vypočtené reaktance transformátorů

Označení	T1	T3	T5	T01	T11	T21	T31	T41	T42	T51	T52	T53	T61
Označení ve výpočtu $[\Omega]$	X_{t1}	X_{t3}	X_{t5}	X_{t01}	X_{t11}	X_{t21}	X_{t31}	X_{t41}	X_{t42}	X_{t51}	X_{t52}	X_{t53}	X_{t61}
Sousledná, zpětná reaktance ${}_1,2X_{T1} [\Omega]$	0.18	0.7	6	6.31	6.31	6.31	5.71	5.68	5.83	5.75	3.75	3.75	6
Netočivá reaktance ${}_0X_{t1} [\Omega]$	0.15 3	0.59	5.1	5.36 4	5.36 4	5.36 4	4.85 35	4.82 8	4.95 55	4.89	3.18	3.18	5.1

Tab. 5 Vypočtené hodnoty použitých transformátorů

Činný odpor transformátorů se pro zbytný výpočet zanedbává
Parametry generátoru

Instalovaný výkon generátoru TG1 $S_{ng} = 51.25 \text{ MVA}$

Postup výpočtu

$$X_g = \frac{x_d'' \cdot S_v}{100 \cdot S_{ng}}$$

S_v ...vztažný výkon

x_d'' .. rázová reaktance alternátoru

$$X_g = \frac{14.35 \cdot 100}{100 \cdot 51.25}$$

$$X_g = 0.28 [\Omega]$$

Činný odpor alternátoru zanedbáváme.

Parametry asynchronních motorů v závodu

Označení	Am. R1.2	Am. R2.2	Am. R3.2	Am. R4.2	Am. R0.3	Am. R1.3	Am. R2.3	Am. R3.3	Am. R4.3	Am. R431	Am. R5.3	Am. R6.3
Zdánlivý výkon S (MVA)	2.85	3.8	2.26	1.7	0,5	0.62	0.5	0.5	0.42	0.4	0.35	0.2
Napětí (kV)	6	6	6	6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Záběrný proud	7*In	7*In	7*In	7*In	6*In	6*In	6*In	6*In	6*In	6*In	6*In	6*In

Tab. 6 Parametry použitých asynchronních motorů 1/2

Parametry asynchronních motorů v nové rozvodně odprášení

Označení	Am. 5284	Am. 5285	Am. R5.21	Am. R5.22	Am. T5
Zdánlivý výkon S (MVA)	0.7	0.7	0.46	0.43	1
Napětí (kV)	6	6	0.4	0.4	0.4
Záběrný proud	8.5*In	8.5*In	6*In	6*In	6*In

Tab. 7 Parametry použitých asynchronních motorů 2/2

Pro výpočet byly motory vyvedené z jednotlivých rozvoden a rozvaděčů nahrazeny ekvivalentním motorem. Nahrazení ekvivalentním motorem v tomto případě znamená součet všech významných motorů napojených v daném uzlu. Pro výpočet se uvažuje se součinitelem soudobosti $\beta=0.8$. Se součinitelem soudobosti se neuvažuje u hlavních ventilátorů odprášení, u kterých je předpoklad, že pojedou nepřetržitě. Dále při návrhu plánovaného rozšíření v rozvodně odprášení o 1MVA. Účinník je roven $\cos\varphi=0.8$.

Postup výpočtu

Reaktance asynchronního motoru Amr03

Výpočet sousledné reaktance

$$X_{amr03} = \frac{S_v}{I_{zmr03} * S_{nmr03}} [\Omega]$$

S_v ...vztažný výkon

S_{nmr03} ...jmenovitý zdánlivý výkon motoru R03

I_{zmr03} ...poměrný záběrný proud motoru R03

$$X_{amr03} = \frac{100}{6 * 0.5} [\Omega]$$

$$X_{amr03} = 33.333 [\Omega]$$

Zpětná reaktance

$${}_2X_{amr03} = {}_1X_{amr03} [\Omega]$$

Netočivá reaktance

$${}_0X_{amr03} = {}_1X_{amr03} [\Omega]$$

Vypočtené reaktance asynchronních motorů

Označení	Am. R1.2	Am. R2.2	Am. R3.2	Am. R4.2
Označení ve výpočtu	Xamr12	Xamr22	Xamr32	Xamr42
Sousledná, zpětná reaktance $_{1,2}X_{am}$ [Ω]	6.266	3.759	6.321	8.403
Netočivá reaktance $_0X_{am}$ [Ω]	6.266	3.759	6.321	8.403

Tab. 8 Vypočtené reaktance použitých asynchronních motorů 1/3

Označení	Am. R0.3	Am. R1.3	Am. R2.3	Am. R3.3	Am. R4.3	Am. R4.31	Am. R5.3	Am. R6.3
Označení ve výpočtu	Xamr12	Xamr13	Xamr23	Xamr33	Xamr43	Xamr431	Xamr53	Xamr6.3
Sousledná, zpětná reaktance $_{1,2}X_{am}$ [Ω]	33.33	26.882	33.33	33.33	39.683	41.667	47.62	83.33
Netočivá reaktance $_0X_{am}$ [Ω]	33.33	26.882	33.33	33.33	39.683	41.667	47.62	83.33

Tab. 9 Vypočtené reaktance použitých asynchronních motorů 2/3

Označení	Am. 5284+5	Am. R5.21 1/2	Am. R5.22 1/2	Am. T5
Označení ve výpočtu	Xam52845	Xamr521	Xamr522	Xamt5
Sousledná, zpětná reaktance $_{1,2}X_{am}$ [Ω]	8.403	72.464	77.519	16.667
Netočivá reaktance $_0X_{am}$ [Ω]	8.403	72.464	77.519	16.667

Tab. 10 Vypočtené reaktance použitých asynchronních motorů 3/3

Parametry reaktorů

Označení	Unsr [kV]	Ir [kA]	Uk[%]	Str [MVA]	Xr[Ω]
T0	6.3	8	10	8.320	1.202
L1	6.3	8	10	8.720	1.147

Tab. 11 Parametry použitých reaktorů

Postup výpočtu

$$X_r = \frac{u_k * S_v}{100 * S_r}$$

Sv...vztažný výkon

uk...impedanční napětí reaktoru

$$X_r = \frac{10 * 100}{100 * 8.32}$$

$$X_r = 1.2 [\Omega]$$

Činný odpor reaktoru zanedbáváme.

Parametry kabelů

Tří-žilové kabely

Označení	AYKCY 3*240mm	AYKCY 3*150mm	AYKCY 3*95mm
Indukčnost odečtená z katalogu L mH/Km	0.281	0.298	0.316
Reaktance kabelu $X=2\pi fL$ Ω/Km	0.088	0.094	0.099
Odpor odečtený z katalogu Ω/Km	0.125	0.206	0.32

Tab. 12 Parametry tří-žilových kabelů

Jedno-žilové kabely

Označení	AYKCY 1*240mm	AYKCY 1*150mm	AYKCY 1*120mm	AYKCY 1*95mm	AYKCY 1*70mm
Indukčnost odečtená z katalogu L mH/Km	0.335	0.359	0.371	0.383	0.401
Reaktance kabelu $X=2\pi fL$ Ω /Km	0.105	0.113	0.117	0.12	0.126
Odpor odečtený z katalogu Ω /Km	0.125	0.206	0.253	0.32	0.443

Tab. 13 Parametry jedno-žilových kabelů

Postup výpočtu

Reaktance kabelu k motoru R12

Odpor kabelu k motoru R12

Výpočet sousledné reaktance

$$X_{kmr12} = X_{k3150} * l_{mr12} \frac{S_v}{U_{s^2}} [\Omega]$$

$$R_{kmr12} = R_{k3150} * l_{mr12} \frac{S_v}{U_{s^2}} [\Omega]$$

S_v ...vztažný výkon

X_{k3150} ...reaktance tří-žilového kabelu 3*150mm

K_{mr12} ...ekvivalentní kabel připojení motoru R12

U_s ...sdružené napětí

$$X_{kmr12} = 0.094 * 0.075 \frac{100}{6^2}$$

$$R_{kmr12} = 0.206 * 0.075 \frac{100}{6^2}$$

$$X_{kmr12} = 0.02 [\Omega]$$

$$R_{kmr12} = 0.0429 [\Omega]$$

Zpětná reaktance

$${}_2X_{km} = {}_1X_{km} [\Omega]$$

Netočivá reaktance

Jedno-plášťové kabely

$${}_0X_{km} = 3 * {}_1X_{km} [\Omega]$$

Troj-plášťové kabely

$${}_0X_{km} = {}_1X_{km} [\Omega]$$

Vypočtené parametry vybraných ekvivalentních kabelů

Označení	typ kabelu	délka	provedení	reaktance sousledné	reaktance nulová	odpor
Kmr03	AYKCY 3*150mm	50m	jednoduché	0.013	0.013	0.029
Kt01	AYKCY 3*150mm	15m	jednoduché	0.0039	0.0039	0.0086
Kmr12	AYKCY 3*150mm	75m	jednoduché	0.02	0.02	0.043
Kmr13	AYKCY 3*150mm	50m	jednoduché	0.013	0.013	0.029
Kt11	AYKCY 3*150mm	15m	jednoduché	0.0039	0.0039	0.0086
Kt1	AYKCY 4*(3*1*240mm)	75m	4 paralelní kabely	0.00548	0.01644	0.0065
Kt11	AYKCY 6*3*150mm	25m	6 paralelních kabelů	0.001084	0.001084	0.0024
IKt5	AYKCY 3*1*120mm	25	Jednoduché jednožilové	0.00809	0.2427	0.0087

Tab. 14 Vypočtené parametry kabelů

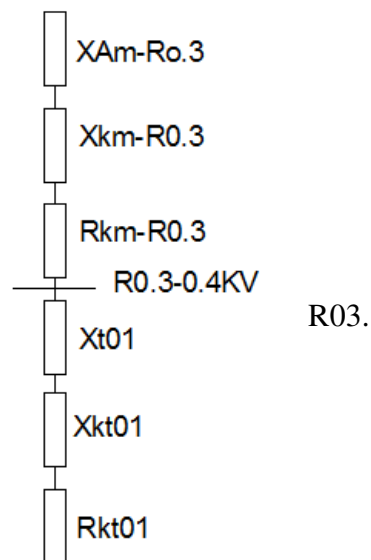
5.2.1 Příklad výpočtu

Výpočet větve 1

Větev 1 je složena z větví 10,11 a 12

Větev 10

Složení větve 10. Větev obsahuje přívodní kabel pro transformátor T01, transformátor T01. Napojení ekvivalentním kabelem, ekvivalentní motor z rozvaděče.



Obr. 32 Schéma zapojení větve 10

Výsledná reaktance větve 10

Jelikož se jedná o sériové zapojení prvků, výsledná hodnota reaktance a odporu větve bude dána sečtením dílčích reaktancí a odporů jednotlivých prvků větve.

Výsledná reaktance větve 10

$$X_{v10} = X_{amr03} + X_{kmr03} + X_{kt01} + X_{t01}$$

$$X_{v10} = 33.333 + 0.013 + 0.003901 + 6.3$$

$$X_{v10} = 39.66i \text{ } [\Omega]$$

Výsledný odpor větve 10

$$R_{v10} = R_{kmr03} + r_{kt01}$$

$$R_{v10} = 0.029 + 0.00858$$

$$R_{v10} = 0.037 \text{ } [\Omega]$$

Výsledná impedance větve 10

$$Z_{10} = R_{v10} + X_{v10}i$$

$$Z_{10} = 0.037 + 39.66i \text{ } [\Omega]$$

Větev 11 a 12 jsou postupově totožné, jelikož se jedná o větve se sériovým řazením prvků.

Výsledné hodnoty větvi 11,12

Výsledná impedance větve 11

$$Z_{11} = R_{v11} + X_{v11}i$$

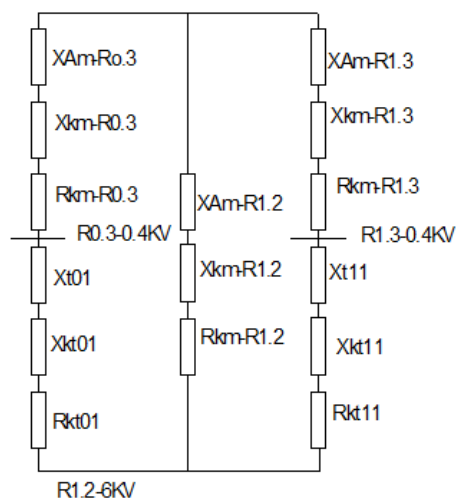
$$Z_{11} = 0.043 + 6.285i \text{ } [\Omega]$$

Výsledná impedance větve 12

$$Z_{12} = R_{v12} + X_{v12}i$$

$$Z_{12} = 0.037 + 33.209i \text{ } [\Omega]$$

Výpočet větve 1



Obr. 33 Schéma větve 1

Výsledná impedance větve 1

$$Z1 = \frac{1}{\frac{1}{Z10} + \frac{1}{Z11} + \frac{1}{Z12}} [\Omega]$$

$$Z1 = \frac{1}{\frac{1}{0.037 + 39.66i} + \frac{1}{0.043 + 6.285i} + \frac{1}{0.037 + 33.209i}} [\Omega]$$

$$Z1=0.025+4.664i [\Omega]$$

Stejným postupem se nadále zjednodušuje výpočtové zkratové schéma.

Výsledné hodnoty impedancí pro celé zkratové schéma

Zkrat v rozvodně R5.2-6kV

$$ZCR52=0.018+0.76i$$

$$|ZCR52|=0.76[\Omega]$$

Zkrat v rozvaděči R5.21-0.4kV

$$ZCR521 = 0.058+3.957i [\Omega]$$

$$ZCR522|=3.958 [\Omega]$$

Příklad výpočtu zkratového proudu

$$I''_{k3} = \frac{c \cdot I_v}{|Z_{CR52}|} \text{ [kA]}$$

c...napěťový činitel

I''_k ...počáteční rázový zkratový proud [kA]

I_v ...vztažný proud odvozený pro napětí napájecí sítě v místě zkratu připojení ze vztažného výkonu (kA)

$$I''_{ks3} = \frac{1.1 \cdot 9.623}{|0.762|}$$

$$I''_{ks3} = 13.886 \text{ kA}$$

Příklad výpočtu zkratového výkonu

$$S_{k3} = I''_{ks3} \cdot \sqrt{3} \cdot U_s \text{ [MVA]}$$

$$S_{k3} = 13.886 \cdot \sqrt{3} \cdot 6$$

$$S_{k3} = 144.308 \text{ MVA}$$

Příklad výpočtu nárazového zkratového proudu

$$i_p = K \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{ks3} \text{ [kA]}$$

K...součinitel respektování velikosti stejnosměrné složky.(hodnoty z tab. 5 str. 45 pauza, zkraty v el. obvodech)

$$i_p = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 13.886$$

$$i_p = 35.348 \text{ kA}$$

Příklad výpočtu ekvivalentního oteplovacího proudu

$$I_{th} = k_e \cdot I''_{ks3} \text{ [kA]}$$

k_e ...součinitel pro výpočet ekvivalentního oteplovacího proudu (tab. 6 str. 46 pauza, zkraty v el. obvodech)

$$I_{th} = 1.15 \cdot 13.886$$

$$I_{th} = 15.95 \text{ kA}$$

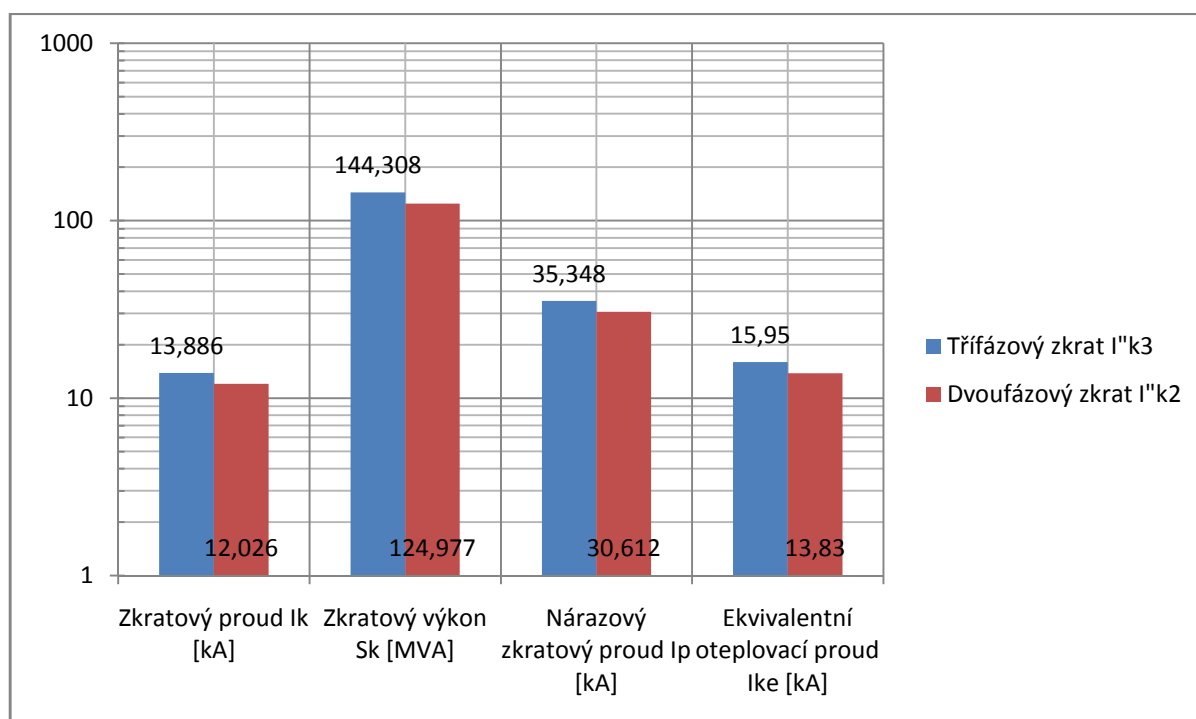
5.3 Výsledné hodnoty pro zkrat

Zkrat v rozvodně R5.2-6kV

Rozvodna R5.2 je provozována jako izolovaná, proto zde nevznikne jednofázový zkrat.

Označení	Zkratový proud [KA]	Zkratový výkon [MVA]	Nárazový zkratový proud [KA]	Ekvivalentní oteplovací proud [KA]
I''_{k3}	13.886	144.308	35.348	15.95
I''_{k2}	12.026	124.977	30.612	13.83
I''_{k1}	nevzniká	nevzniká	nevzniká	nevzniká

Tab. 15 Zkratové poměry v rozvodně R5.2

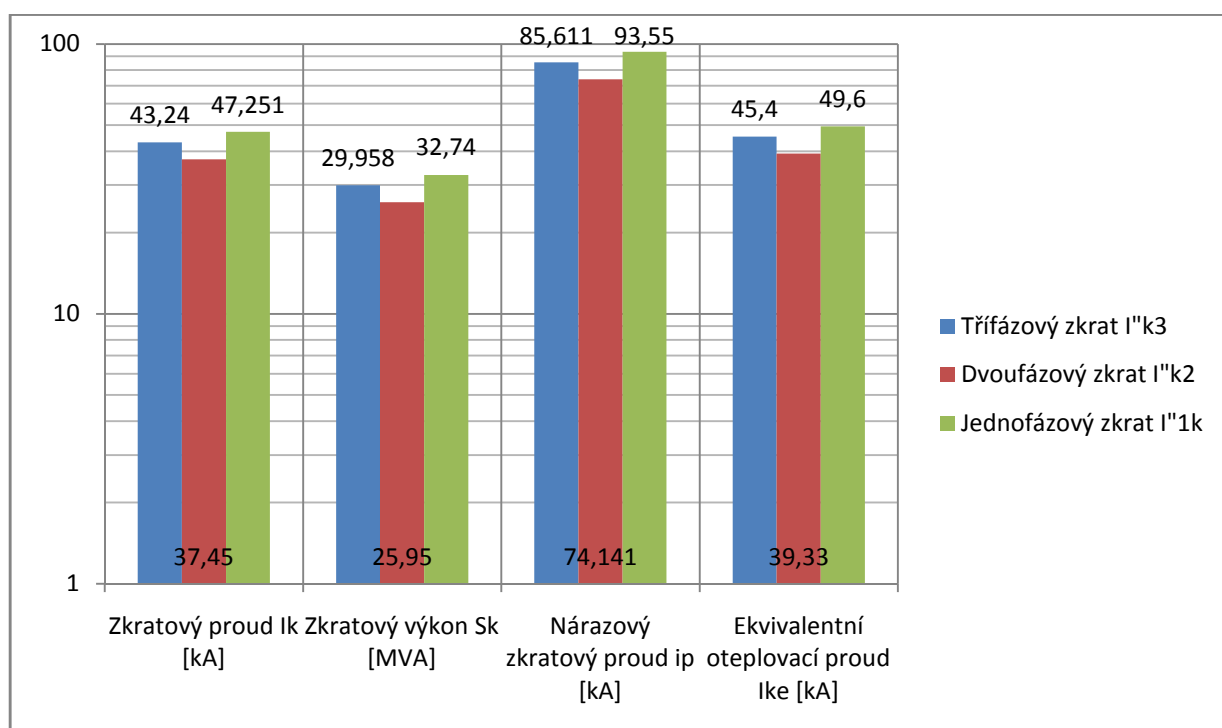


Graf 1 Porovnání hodnot zkratového výpočtu v rozvodně R5.2

Zkrat v rozvaděči Rm5.21, Rm5.22-0.4kV

Označení	Zkratový proud [KA]	Zkratový výkon [MVA]	Nárazový zkratový proud [KA]	Ekvivalentní oteplovací proud [KA]
I''_{k3}	43.24	29.958	85.611	45.4
I''_{k2}	37.45	25.95	74.141	39.33
I''_{k1}	47.251	32.74	93.55	49.6

Tab. 16 Zkratové poměry v rozvaděči Rm5.21, Rm5.22



Graf 2 Porovnání hodnot zkratového výpočtu v rozvaděči Rm5.21, Rm5.22

5.4 Zhodnocení zkratových poměrů

Cílem práce bylo zjistit, zda stávající technologie vyhovují při přechodu na novou konfiguraci a připojení nových technologií reprezentovaných transformátorem T5.

Vyhodnocení zkratové odolnosti nové rozvodny R5.2

Zkratové poměry ve stávající R1.11 s kontrolou pro nově vypočtené hodnoty

Název	Instalované hodnoty	Vypočtené hodnoty
Rozvaděč	R1.11	Nová R5.2
Jmenovité napětí U_n [kV]	22	6
Jmenovitý proud I_n [A]	800	800
Zkratový proud I_{ks} [kA]	16	13.89
Nárazový zkrat. proud i_p [kA]	40	35.4

Tab. 17 Kontrola zkratových poměrů v R5.2

Stávající rozvodna vyhovuje svými zkratovými schopnostmi pro novou konfiguraci sítě a budoucí rozšíření odběru.

Vyhodnocení zkratové odolnosti rozvaděče Rm5.21 a Rm5.22

Název	Instalované hodnoty	Vypočtené hodnoty
Rozvaděč	Rm5.21	Nová R5.22
Jmenovité napětí U_n [kV]	0.4	0.4
Jmenovitý proud I_n [A]	2500	2500
Zkratový proud I_{ks} [kA]	37.6	47.25
Nárazový zkrat. proud i_p [kA]	85	93.5

Tab. 18 Kontrola zkratových poměrů v RM5.21

Název	Instalované hodnoty	Vypočtené hodnoty
Rozvaděč	Rm5.22	Nová R5.22
Jmenovité napětí U_n [kV]	0.4	0.4
Jmenovitý proud I_n [A]	1000	2500
Zkratový proud I_{ks} [kA]	18.6	47.25
Nárazový zkrat. proud i_p [kA]	42	93.5

Tab. 19 Kontrola zkratových poměrů v Rm5.22

Stávající rozvaděče nevyhovují z hlediska zkratového proudu, ani z hlediska účinků dynamického proudu. Proto je nutno stávající rozvaděče pro novou koncepci vyměnit.

Rozvaděč Rm5.21 - protože jde o záměr, který má za úkol navrhnout možnost řešení s co nejmenšími ekonomickými výdaji, je zde možné zvážit variantu o ponechání stávajícího rozvaděče. Jelikož pro výpočet byly brány v úvahu nejhorší možné varianty vzniku zkratu jak daný model zapojení, tak i příspěvky od jednotlivých zařízení, je možné, že zkratový proud v normálním provozu nikdy nedosáhne takové hodnoty určené výpočtem.

Rozvaděč Rm5.22 – absolutně nevyhovuje zkratovým poměrům. Jelikož v celém závodu se nevyskytuje žádný další rozvaděč s takto nízkou zkratovou odolností je nutné tento rozvaděč vyměnit a zvýšit jeho zkratovou odolnost.

Výsledné kalkulace úprav bude řešena v bodě č. 6. Technicko-ekonomické zhodnocení rekonstrukce.

5. Technicko-ekonomické zhodnocení

6.1 Ekonomické zhodnocení nového přívodu

6.1.1 Kalkulace cen za použitý materiál na změnu přívodního vedení

Materiál	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celková cena
Přívodní kabel	200 Kč/m	3420 m	684 000 Kč
Koncovka kabelová	3000 Kč/ks	36 ks	108 000 Kč
Ceny instalačních kovů	200 Kč/m	10 m	2000 Kč
Odpojovač	35 000 Kč/ks	4 ks	140 000 Kč
Výkonový vypínač	190 000 Kč/ks	2 ks	380 000 Kč

Tab. 20 Cena použitého materiálu přívodního vedení

6.1.2 Kalkulace cen montážních prací při instalaci kabelu

Instalace zařízení	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celková cena
Přívodní kabel	500 Kč/m	400 m	200 000 Kč
Koncovky kabelu	1000 Kč/ks	36 ks	36 000 Kč
Instalační kovy	200 Kč/m	10 m	2000 Kč
Odpojovač	4000 Kč/ks	4 ks	16 000 Kč
Instalace vypínač	6900 Kč/ks	2 ks	13 800 Kč

Tab. 21 Cena montážních prací přívodního vedení

Celková cena změn v přívodním vedení: 1 581 800 Kč

6.2 Ekonomické hodnocení změn v rozvodně R5.2

6.2.1 Cena materiálu pro novou rozvodnu R5.2

Materiál	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celková cena
Měřicí transformátor napětí MTN	12 000 Kč/ks	9	108 000 Kč
Měřicí transformátor Proudů MTP 500/5/5	10 000	6	60 000 Kč
Měřicí transformátor Proudů MTP 150/5/5	10 000	6	60 000 Kč
Měřicí transformátor Proudů MTP 100/5/5	10 000	9	90 000 Kč
Sumární transformátor proudu	12 560	8	100 480 Kč
Drobný instalační materiál			20 000 Kč

Tab. 22 Cena použitého materiálu rozvodna R5.2

6.2.2 Kalkulace cen montážních prací pro rozvodnu R5.2

Instalace zařízení	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celková cena
Kompletní předělání kobky	97 500 Kč/kobka	3 kobky	292 500 Kč
Výměna měřicího transformátoru napětí	1000 Kč/ks	9 ks	9 000 Kč
Výměna měřicího transformátoru proudu	1000 Kč/ks	21 ks	21 000 Kč
Instalace sumárního transformátoru proudu	1000 Kč/ks	8 ks	8 000 Kč

Tab. 23 Cena montážních prací rozvodna R5.2

Celková cena změn v rozvodně R5.2: 768 980 Kč

6.3 Ekonomické hodnocení výměny transformátorů

Materiál	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celková cena
Transformátor 1.6 MVA 6/0.4 kV	730 000 Kč/ks	2	1 460 000 Kč
Kabel připojení 6- AYKCY 3*120/16 (včetně položení)	380 Kč/m	30	11 400 Kč
Kabelová koncovka	3000 Kč/ks	4	12 000 Kč
Transformátor 1 MVA 6/0.4 kV	540 000 Kč/ks	2	1 080 000 Kč
Kabel připojení 6- AYKCY 3*70/16 (včetně položení)	350 Kč/m	30	10 500 Kč
Kabelová koncovka	3000 Kč/ks	4	12 000 Kč
Projekt	75 000 Kč/ks	4	300 000 Kč

Tab. 24 Cena použitého materiálu při výměně transformátorů

Náklady na likvidaci stávajících transformátorů lze považovat za nulové, jelikož dojde k jejich zpětnému odprodeji. Z odprodeje by byly zaplacený i náklady na montáž nových transformátorů, proto v cenové relaci nefigurují.

Celková cena spojená s výměnou transformátorů: 2 885 900 Kč

6.4 Ekonomické hodnocení změn v rozvaděči Rm5.21

Materiál	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celková cena
Nový rozvaděč Rm521	1 500 000 Kč/ks	1	1 500 000 Kč
Projekt	150 000 Kč/ks	1	150 000 Kč
Práce techniků, doprava	150 000 Kč/ks	1	150 000 Kč

Cena práce servisních techniků	100 hodin	1000 Kč/hod	100 000 Kč
--------------------------------	-----------	-------------	------------

Tab. 25 Cena použitého materiálu rozvaděč Rm5.21

Celková cena spojená s výměnou rozvaděče Rm5.21 : 1 900 000 Kč

6.5 Ekonomické hodnocení změn v rozvaděči Rm5.22

Materiál	Cena za jednotku	Počet jednotek	Celková cena
Nový rozvaděč Rm522	975 000 Kč/ks	1	975 000 Kč
Projekt	100 000 Kč/ks	1	100 000 Kč
Práce techniků, doprava	100 000 Kč/ks	1	100 000 Kč

Cena práce servisních techniků	70 hodin	1000 Kč/hod	70 000 Kč
--------------------------------	----------	-------------	-----------

Tab. 26 Cena použitého materiálu rozvaděč Rm5.22

Celková cena spojená s výměnou rozvaděče Rm5.22 : 1 245 000 Kč

6.6 Celková cena navržených změn v rozvodně

Celková cena navrhovaných úprav – 8 381 600 Kč

6.7 Technický harmonogram prací.

1-2	den	demontáž současného kabelového přívodu
3 -5	den	uložení nového vedení včetně kabelových koncovek
6	den	demontáž stávajících transformátorů
7 -10	den	montáž nových transformátorů včetně připojení
10 -14	den	úpravy v rozvodně R5.2 demontáž zařízení a následná montáž do nové rozvodny
15-18	den	montáž nového rozvaděče nn
19 -35	den	zkušební práce, test funkce, nastavení ochran

6.8 Technické zhodnocení možností nové rozvodny.

Rozvodna R5.2 - rozvodna vzniklá ze stávající rozvodny R1.11. Zkratové poměry plně postačují pro nový provoz po vyměnění stávajících měřících transformátorů, novém nastavení ochran je rozvodna schopna provozu.

Rozvaděč Rm5.21 – hlavní rozvaděč napájený z rozvodny R5.2. Jelikož v tomto rozvaděči byly zkratové poměry přesaženy řádově v kA, dalo by se konstatovat, že je možno rozvaděč provozovat i nadále, protože při výpočtu byly brány v potaz takové podmínky, které při normálním provozu nejsou pravděpodobné. Jako jsou součinitele soudobosti 0.8 a konfigurace sítě. Do velikosti výsledného vypočteného zkratového proudu se promítla i metoda zběžného výpočtu.

Rozvaděč Rm5.22 – podružný rozvaděč napájený z hlavního rozvaděče Rm5.21. Pro tento rozvaděč platí stejné vypočtené hodnoty jako pro rozvaděč Rm5.21. Tento rozvaděč má daleko nižší zkratovou odolnost. Řádově dochází k rozdílu v desítkách kA. Tento rozvaděč nevyhovuje ani současným podmínkám v rozvodně. Pro další použití sním nelze počítat a je nutno jej vyměnit nebo přezbrojit, aby jeho zkratová odolnost byla odpovídající zkratovým poměrům v daném místě provozu.

Závěr

Diplomová práce byla zpracována na základě zadání od společnosti Dalkia Přerov. Jedná se o studii budoucího provedení napojení nové rozvodny a rozšíření odběru o 1MVA. Práce byla řešena v několika hlavních směrech. Prvním směrem je návrh nového napojení rozvodny a s tím spojená změna napájení rozvodny. Druhý směr řešení se zabývá vyhodnocením zkratových poměrů nově navrženého konceptu napájení rozvodny a s tím i související kontrola zkratových poměrů na daná zařízení. Třetí směr je zaměřen na ekonomické zhodnocení celé realizace.

První část zadání od společnosti Dalkia je změna místa napájení rozvodny odprášení. Rozvodna byla doposud rozdělena podélnou spojkou a napájena dvěma přívody každý do jedné poloviny rozvodny. První polovina byla napájena z vlastního generátoru TG1 za vývodovým transformátorem T1. Druhá část byla napájena z přívodní rozvodny R1. Nové řešení změny stávajícího napájení navrhuje koncepci napojení celé rozvodny na vlastní zdroj tedy TG1. Pro zachování zálohování napájení, je i zde, druhá možnost napájení. Druhá možnost napájení je ze záskokové sběrný napájené z distribuční sítě. Hlavní napájení je připojeno za reaktorem L1 který omezuje zkratový výkon. Hlavní změna v napájení spočívá ve změně napájecího napětí. V současné koncepci je napájecí hladina 22 kV, v nové koncepci již bude napojena na hladinu 6 kV. Díky změně tohoto napájení bude ušetřena takřka dvojnásobná transformace. Jednak se jednalo o transformaci napětí z generátoru na hladinu 22 kV, tak i následná transformace na hladinu 6 kV. V novém konceptu bude tedy možné vynechat jednu celou rozvodnu. V současném stavu je rozvodna odprášení řešena následovně. Přívodní rozvodna R1.11, ze které přes transformátory T5 a T6 je napájena rozvodna R5.2 a přes transformátory T52, T53, T06 podružné rozvaděče. V novém konceptu již nebude figurovat rozvodna napájející motory odprášení pracující na hladině 6 kV. Dojde k přestavbě stávající přívodní rozvodny na hladinu 6 kV. Tato změna sebou ponese jisté změny v rozložení jednotlivých polí. Současně dojde ke zrušení rozvodny na hladině 6 kV sloužící pouze pro napájení motorů odprášení. Tyto motory budou přímo napojeny ve stávající přívodní rozvodně, která již nebude označena R1.11 nýbrž R5.2. Z této rozvodny budou i nadále napojeny transformátory napájející podružné rozvaděče. Změna napětíové hladiny sebou nese i změnu v technologii. Jelikož jde o snížení napětíové hladiny, je možnost rozvodnu ponechat a provozovat jí na hladině 6 kV. Jelikož stávající rozvodna byla nakonfigurována na hladinu 22 kV, je potřeba výměny všech zařízení nevyhovujících pro nové napětí či velikost nově

tekoucího proudu. Dílčí změnou v rozvodech za rozvodnou bude výměna všech stávajících transformátorů a instalace nového transformátoru. Všechny transformátory napájející podružné rozvaděče je zapotřebí vyměnit za nové, jelikož doposud pracovaly na hladině 22/0.4 kV a nově budou pracovat na hladině 6/0.4 kV. Nově bude instalovaný transformátor T5, který slouží pro budoucí technologie odprášení. Tento transformátor zaujme místo po zrušeném transformátoru T6 a bude napojen i ze stejného pole v rozvodně.

Druhý směr spočívá v řešení zkratových poměrů. Po kompletním návrhu koncepce napojení došlo k vytvoření celkového schéma rozvodu Dalkia Přerov. Dle celkového schéma byl vytvořen náhradní model zkratového obvodu. Jednotlivé prvky zkratového obvodu byly nahrazeny vypočtenými impedancemi jednotlivých prvků. Pro výpočet impedancí jednotlivých prvků byla v případě motorů použita ekvivalence. To znamenalo sloučení motorů řádově stejných záběrných proudů do jednoho celkového motoru. Ekvivalence byla použita i pro jednotlivé kabely napájející tyto motory. Jelikož lze nová rozvodna napájet ze dvou možných zdrojů, byly vzaty v potaz obě možné varianty. První varianta je napájena ze zdroje TG1, druhá varianta je napájena ze záskokové sběrný. Druhá varianta byla na základě podkladů starších zkratových výpočtů vyhodnocena jako varianta, při které zkratové hodnoty dosahují řádově polovičních hodnot co v případě napájení z generátoru TG1. Jelikož zadání znělo ověřit, zda rozvodna vyhoví maximálním zkratovým poměrům, nebyla tato varianta dále řešena. První varianta výpočtu počítala se zdrojem TG1 a příspěvkem ze soustavy Sk 430 MVA. Tato hodnota byla řešena dle aktuálních zkratových podmínek v rozvodně, do které je daný úsek vyveden. Po vyřešení náhradního modelu rozvodu byly stanoveny zkratové poměry v nové rozvodně, protože se zde jedná o izolovanou síť, není možné, aby nastal jednofázový zkrat. Hodnoty dané výpočtem třífázový zkratový proud v rozvodně $R5.2 I_{k3''} = 13.886 \text{ kA}$, nárazový zkratový proud $i_p = 35.35 \text{ kA}$ a zkratový výkon $S_k = 144.308 \text{ MVA}$. Rozvodna všem těmto hodnotám vyhovuje. Dále byly řešeny zkratové poměry v podružném rozvaděči Rm5.21 a Rm5.22.

Hlavní rozvaděč Rm5.21. Tento rozvaděč je rozdělen podélnou spojkou a je jej možno napájet jak ze dvou transformátorů, tak lze celý úsek napájet jedním transformátorem. Dle konzultací ve společnosti Dalkia není možné, aby napájení probíhalo paralelně, tedy, aby byla spojená podélná spojka v rozvaděči a byly v provozu oba napájecí transformátory. Proto tato varianta nebyla brána v potaz při výpočtu. Při výpočtu byly stanoveny hodnoty pro oba možné stavy. K nejvyšším zkratovým hodnotám v rozvaděči Rm521 dochází, když je celý rozvaděč napájen jedním transformátorem. Zkratové hodnoty jednofázový zkratový proud v rozvaděči

Rm521 $I_{k1}'' = 47.25$ kA nárazový zkratový proud $i_p = 93.55$ kA, zkratový výkon $S_k = 32.7$ MVA. Stávající rozvaděč není na tyto zkratové poměry konstruovaný, tudíž nevyhovuje. Pro vyřešení situace jsou následující východiska. První možné řešení je popsáno v diplomové práci, tudíž byl zadán koncept nového rozvaděče u firmy ABB, ale tato varianta by byla cenově náročná cca 2 000 000 Kč. Druhé řešení je spíše teoretické. Jelikož byl výpočet řešen jako zběžný a pro výpočet byl brán v potaz součinitel soudobosti beta roven 0.8, ale při normální provozu je tato hodnota daleko nižší spíše se přibližující hodnotě okolo 0.5. Tak při zvážení těchto argumentů přichází v úvahu ponechání stávajícího rozvaděče, který je konstruován na zkratový proud 37.5 kA. Třetí možné řešení by bylo zařazení zkratového reaktoru do obvodu, toto řešení nebylo v diplomové práci řešeno.

Rozvaděč Rm5.22. Tento rozvaděč je napájen z rozvaděče Rm5.21. Platí pro něj i stejné hodnoty zkratového výkonu udané výpočtem. Bylo zjištěno, že tento rozvaděč nevyhovuje z hlediska zkratové odolnosti a je tudíž nutná jeho výměna. Rozvaděč nevyhovuje ani současnému stavu v provozu.

Výpočet zkratových poměrů byl konzultován se společností Dalkia a průběžně srovnáván se staršími výpočty zkratových poměrů. Rozvaděč Rm5.22, který je instalován je i podle staršího výpočtu značně nevyhovující. Proto by bylo vhodné brát v potaz jeho výměnu i v případě, kdyby se nerealizovala celá nová koncepce.

Třetí otázkou při řešení byla celková kalkulace nákladnosti těchto změn v rozvodech. Pro nacenění nákladnosti byla oslovena firma ABB, která již v minulosti dodávala zařízení do jiných provozů Dalkia Přerov. Poptávka byla rozdělena do několika dílčích částí. První část cenové kalkulace byla zaměřena na změny v přívodním vedení, tyto změny byly vyčísleny v materiálové podobě na 1 314 000 Kč. Cena prací techniků 267 800 Kč. Celkové náklady na změnu přívodního vedení 1 581 800 Kč. Druhá část zadání směřovala na změny ve stávající rozvodně při přechodu na nižší napěťovou hladinu. Cena za materiál 438 480 Kč a za práce spojené s přestavbou kobek 330 500 Kč. Celková cena 768 980 Kč. Celková cena za výměnu transformátorů 2 885 900 Kč. Poslední část kalkulace cen je spojena s podružnými rozvaděči Rm521 a Rm5.22. Tyto rozvaděče celou akci zatíží částkou 3 145 000 Kč. Celková cena změny v rozvodech 8 381 600 Kč.

Diplomová práce byla řešena pro společnost Dalkia Přerov. Pro účely zpracování návrhu ceny realizace a určení rozsahu nutných úprav v síti, při změně v rozvodně R5.2. Diplomová práce může být použita jako jeden z podkladů pro budoucí realizaci a jako jeden

z pohledů na danou problematiku. Téma řešené v diplomové práci ještě nebylo zadáno na jiné zpracování.

Seznam použité literatury

- [1] Koudelka, C., Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách, 2003
- [2] Hradílek, Z., Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení, 2008
- [3] Rýpar, A., Technická dokumentace Dálkie Přerov, 2000
- [4] Kocman, S., Vrána, V., Synchronní stroje, 2005

Seznam obrázků:

Obr. 1 Průmyslový závod Dalkia Přerov.....	2
Obr. 2 Napájení průmyslového rozvodu z distribuční sítě	4
Obr. 3 Napájení průmyslového rozvodu z vlastních zdrojů elektrické energie.....	5
Obr. 4 Kombinované napájení průmyslového rozvodu	6
Obr. 5 Paprsková síť	8
Obr. 6 Průběžná síť.....	8
Obr. 7 Okružní síť	9
Obr. 8 Hřebenový rozvod	9
Obr. 9 Mřížový rozvod	10
Obr. 10 Hlavní transformátor 50 MVA.....	12
Obr. 11 Vakuový výkonový vypínač.....	15
Obr. 12 Upravený nový vakuový vypínač pro použití ve starším provedení rozvodny	15
Obr. 13 Odpínač	16
Obr. 14 Odpojovač	16
Obr. 15 Motor odprášení 560 kW.....	17
Obr. 16 Schéma stávajícího připojení rozvodny	18
Obr. 17 Objekt rozvodny odprášení	18
Obr. 18 Schéma stávající rozvodny R1.11	19
Obr. 19 Schéma stávající rozvodny R5.2	21
Obr. 20 Rozvodna R5.2.....	22
Obr. 21 Motory odprášení	23
Obr. 22 Schéma nového koncepčního řešení rozvodny odprášení.....	25
Obr. 23 Schéma nové rozvodny R5.2.....	26
Obr. 24 Stávající rozvodna R1.11 použitá pro nový stav R5.2	28
Obr. 25 Rozvaděč Rm5.21	32
Obr. 26 Rozvaděč Rm5.22	33
Obr. 27 Uložení kabelů	34

Obr. 28 Výkonový vypínač ADVAC VD4/R 12.....	37
Obr. 29 Odpojovač OJON typ 3-10/630.....	37
Obr. 30 Suchý transformátor	38
Obr. 31 Stání transformátoru T06	39
Obr. 32 Schéma zapojení větve 10.....	50
Obr. 33 Schéma větve 1	52

Seznam tabulek:

Tab. 1 Použité transformátory ve stávající koncepci.....	24
Tab. 2 Zkratové poměry v nové rozvodně R5.2.....	31
Tab. 3 Parametry nových transformátorů.....	32
Tab. 4 Parametry transformátorů použité pro výpočet.....	43
Tab. 5 Vypočtené hodnoty použitých transformátorů.....	44
Tab. 6 Parametry použitých asynchronních motorů 1/2.....	45
Tab. 7 Parametry použitých asynchronních motorů 2/2.....	45
Tab. 8 Vypočtené reaktance použitých asynchronních motorů 1/3.....	47
Tab. 9 Vypočtené reaktance použitých asynchronních motorů 2/3.....	47
Tab. 10 Vypočtené reaktance použitých asynchronních motorů 3/3.....	47
Tab. 11 Parametry použitých reaktorů	48
Tab. 12 Parametry tří-žilových kabelů	48
Tab. 13 Parametry jedno-žilových kabelů.....	49
Tab. 14 Vypočtené parametry kabelů.....	50
Tab. 15 Zkratové poměry v rozvodně R5.2.....	54
Tab. 16 Zkratové poměry v rozvaděči Rm5.21, Rm5.22	55
Tab. 17 Kontrola zkratových poměrů v R5.2	56
Tab. 18 Kontrola zkratových poměrů v RM5.21	56
Tab. 19 Kontrola zkratových poměrů v Rm5.22	56
Tab. 20 Cena použitého materiálu přívodního vedení.....	58
Tab. 21 Cena montážních prací přívodního vedení.....	58
Tab. 22 Cena použitého materiálu rozvodna R5.2	59
Tab. 23 Cena montážních prací rozvodna R5.2	59
Tab. 24 Cena použitého materiálu při výměně transformátorů	60
Tab. 25 Cena použitého materiálu rozvaděč Rm5.21.....	61
Tab. 26 Cena použitého materiálu rozvaděč Rm5.22.....	61

Seznam grafů:

Graf 1 Porovnání hodnot zkratového výpočtu v rozvodně R5.2	54
Graf 2 Porovnání hodnot zkratového výpočtu v rozvaděči Rm5.21, Rn5.22.....	55

Seznam volně ložených příloh:

Příloha číslo 1. Schéma stávajícího připojení rozvodny odprášení

Příloha číslo 2. Schéma nového připojení rozvodny odprášení

Příloha číslo 3. Model zkratového obvodu

Příloha číslo 4. Schéma pro výpočet rozvaděč Rm5.22

Příloha číslo 5. Schéma pro výpočet rozvodna R5.2